

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に伴う
耐震安全性評価に関する原子力事業者等からの報告等について

平成20年4月8日
経済産業省
原子力安全・保安院

経済産業省原子力安全・保安院（以下「当院」という。）より、平成18年9月20日付けで、原子力事業者等へ発出した「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂に伴う既設発電用原子炉施設の耐震安全性の評価等の実施について」等に基づき、別添のとおり平成20年3月14日及び同月28日並びに同月31日、耐震安全性評価についての中間報告書等が当院に提出されましたので、お知らせします。

添付資料：

<平成20年3月14日に提出があった報告概要>

(別添) 北陸電力株式会社志賀原子力発電所 中間報告概要

<平成20年3月28日に提出があった報告概要>

(別添1-1) 東北電力株式会社東通原子力発電所 中間報告概要

(別添1-2) 東北電力株式会社女川原子力発電所 中間報告概要

(別添2) 中国電力株式会社島根原子力発電所 中間報告概要

(別添3) 四国電力株式会社伊方発電所 中間報告概要

<平成20年3月31日に提出があった報告概要>

(別添1) 北海道電力株式会社泊発電所 中間報告概要

(別添2) 東京電力株式会社福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所 中間報告概要

(別添3) 関西電力株式会社美浜発電所、大飯発電所、高浜発電所 中間報告概要

(別添4-1) 九州電力株式会社玄海原子力発電所 中間報告概要

(別添4-2) 九州電力株式会社川内原子力発電所 中間報告概要

(別添5-1) 日本原子力発電株式会社東海第二発電所 中間報告概要

(別添5-2) 日本原子力発電株式会社敦賀発電所 中間報告概要（敦賀発電所3、4号機安全審査における追加調査報告概要含む）

(別添6) 独立行政法人日本原子力研究開発機構もんじゅ 最終報告概要

以上

志賀原子力発電所
「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う
耐震安全性評価結果 中間報告書の概要

1. はじめに

平成18年9月20日付けで原子力安全・保安院より、改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（以下「新耐震指針」という。）に照らした耐震安全性の評価を実施するよう求める文書が出され、当社は、志賀原子力発電所の耐震安全性評価を行ってきました。

その後、平成19年3月に能登半島地震が発生したことから、当社は評価に万全を期すため、震源付近の追加調査を実施するとともに各種研究機関による調査研究も含めて評価を行ってきました。

また、平成19年7月には新潟県中越沖地震があり、経済産業大臣より、新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映し早期に評価を完了する旨の指示があるとともに、平成19年12月27日には、原子力安全・保安院より、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項（中間取りまとめ）の通知がありました。

これらを踏まえ、本日平成20年3月14日、地質調査結果、基準地震動 S_s の策定結果、2号機における主要施設の評価結果など、これまで実施してきた耐震安全性評価に関する中間報告をとりまとめ、図に提出いたしました。中間報告の概要は以下のとおりです。

【中間報告のポイント】

- ① 新耐震指針に照らした各種地質調査（変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等）を実施し、新耐震指針の趣旨等を踏まえ、活断層の長さ等を保守的に評価しました。
- ② 活断層評価結果等に基づく基準地震動 S_s は「笹波沖断層帯（全長）」（断層長さ43km、マグニチュード7.6）による地震をも考慮し、保守的に策定しました。
- ③ 基準地震動 S_s により、原子炉建屋や安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な設備等の耐震解析を実施し、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ

耐震安全性評価の検討に先立ち、新耐震指針に照らした各種地質調査を実施し、この調査結果を用いて、新耐震指針に照らした基準地震動 S_s の策定を行い、建物・構築物や機器・配管系の耐震安全性評価を順次実施するとともに、あわせて地震随伴事象について検討しました。

新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れは、別紙-1のとおりであり、能登半島地震の知見や新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項も踏まえ、評価を行いました。

3. 地質調査の実施

新耐震指針を先取りし、平成18年6月から、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等を適切に組み合わせた詳細な調査を徹底して実施しました。新耐震指針を踏まえて実施した主な調査項目は別紙-2のとおりです。

4. 活断層の評価

活断層評価にあたっては、新耐震指針や「中越沖地震を踏まえ反映すべき事項」（平成19年12月27日、原子力安全・保安院）における活断層評価の考え方や趣旨を踏まえ、変動地形学的観点からの地形判読などを行い、また、2号炉許以降の文献や能登半島地震の知見も考慮しながら保守的な評価を行いました。（表4-1、図4-1）

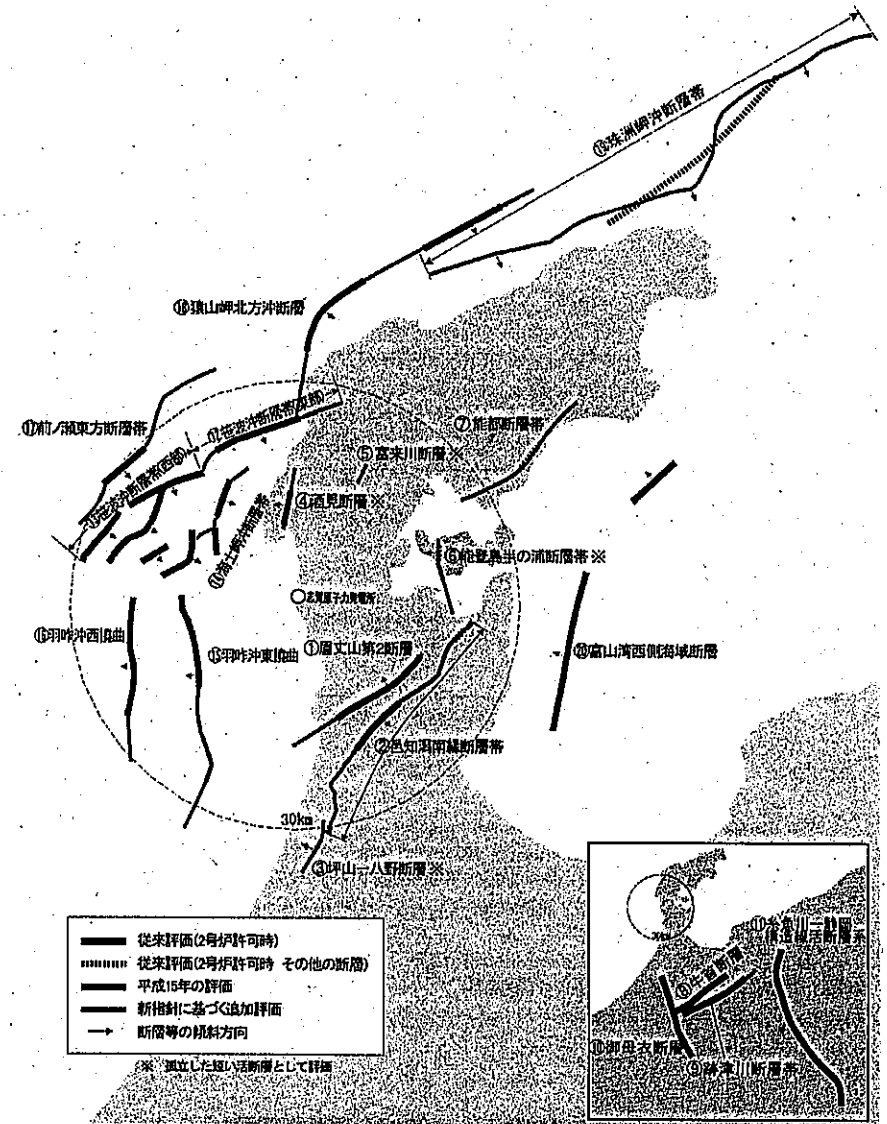
従来の活断層評価が変更となった考え方のポイントは以下のとおりです。

- a. 断層関連褶曲の考え方を適用し、地下深部に断層が伏在する可能性を考慮しました。
- b. 地質構造の連続性等を考慮して、複数の断層等が連続する可能性を考慮しました。
- c. 最新の文献や能登半島地震等による新知見を反映しました。
- d. 変動地形学的調査や地球物理学的調査といった新指針で明示的に追加された調査結果を反映しました。
- e. 平野下に断層が伏在する可能性等、調査によって断層の活動性等に関する情報が少ない場合は不確かさを考慮した評価としました。

【表 4-1 新旧指針に基づいた活断層の評価】

	新指針における評価			旧指針における評価 ^{※1}		変更理由 ^{※2}
	断層名	断層長さ L	マグニチュード ^{※3} M	原子炉設置許可申請書に 記載の断層長さ	マグニチュード ^{※3} M	
陸域	① 眉丈山第2断層	19 km	7.0	12 km	6.6	e
	② 邑知潟南縁断層帯	34 km	7.4	8km(石動山断層)	6.3	b・c・d
	③ 坪山-八野断層	10 km	6.9 ^{※3}	-	-	d
	④ 酒見断層	9.1 km	6.9 ^{※3}	4.6 km	5.9	c・d
	⑤ 富来川断層	3.0 km	6.9 ^{※3}	-	-	e
	⑥ 能登島半の浦断層帯	10 km	6.9 ^{※3}	-	-	b
	⑦ 能都断層帯	20 km	7.0	-	-	b
	⑧ 牛首断層	56 km	7.7	56 km	7.7	変更なし
	⑨ 跡津川断層帯	69 km	7.9	60 km	7.8	c
	⑩ 御母衣断層	70 km	7.9	70 km	7.9	変更なし
	⑪ 糸魚川-静岡構造線 活断層系		M8 ¹ / ₂ ^{※4}		M8 ¹ / ₂ ^{※4}	変更なし
海域	⑫ 笹波冲断層帯(東部)	21 km	7.0	12 km (F-14)	6.6	b・c
	⑬ 笹波冲断層帯(西部)	22 km	7.1	11 km (F-16)	6.6	a・b・c
	⑭ 海士岬冲断層帯	18 km	6.9	5.5 km (F-17)	6.1	a・b・c
	⑮ 羽咋冲東撓曲	32 km	7.3	褶曲として図示	-	a・b・c
	⑯ 羽咋冲西撓曲	23 km	7.1	褶曲として図示	-	a・b・c
	⑰ 前ノ瀬東方断層帯	30 km	7.3	7.5 km (F-12)	6.3	b・c
	⑱ 猿山岬北方冲断層	49 km	7.7	12 km, 12.5 km	6.6	b・c
	⑲ 珠洲岬冲断層帯	69 km	7.9	-	-	b・c
	⑳ 富山湾西側海域断層	22 km	7.1	22 km	7.1	変更なし

※1 一：断層の長さや敷地からの距離を考慮すると敷地に与える影響は小さいと評価
 ※2 変更理由：本文中の「従来の活断層評価が変更となった考え方のポイント」の記号を示す
 ※3 孤立した短い活断層として評価
 ※4 地震調査委員会が評価した最大マグニチュードを適用

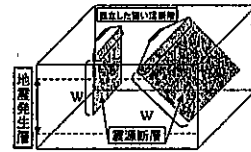


【図 4-1 新耐震指針に照らした耐震安全性評価において考慮する断層・褶曲】

5. 基準地震動 Ss の策定

5.1 敷地に最も大きな影響を及ぼす「検討用地震」の選定

活断層調査結果を踏まえ、地震動を策定する際にも保守的な評価を行いました。具体的には、酒見断層のように、地表に少しでも活断層が確認された場合は、地下に M6.9 相当の地震を起こす活断層が伏在するものとして評価(図 5-1)したり、活断層調査の結果、「㊸笹波沖断層帯(東部)」と「㊹笹波沖断層帯(西部)」は、それぞれ個別の断層であると考えられますが、耐震安全評価上、「笹波沖断層帯(全長)(㊸+㊹)」(断層長さ 43km, M7.6)による地震も念のため考慮することとしました。



【図 5-1 孤立した短い活断層の考え方】

全ての考慮すべき活断層を比較検討した結果、「笹波沖断層帯(全長)による地震」が志賀原子力発電所に最も影響が大きいことから、これを検討用地震としました。

5.2 応答スペクトルに基づく地震動評価

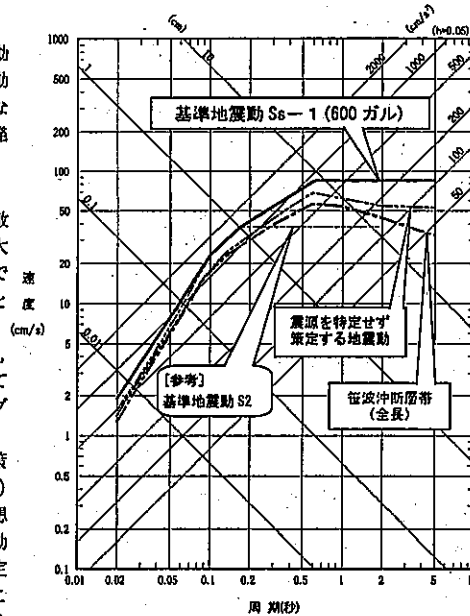
(1) 「震源を特定して策定する地震動」

「笹波沖断層帯(全長)」による地震動に、さらに余裕を考慮し、「基準地震動 Ss-1」(600ガル)を策定しました。(なお、この基準地震動 Ss は志賀原子力発電所 1, 2 号機に共通です)

(2) 「震源を特定せず策定する地震動」

高密度重力探査の結果等によれば、敷地近傍には邑知渦にみられるような大規模な断層構造はないことから、直下で大規模な地震が発生することはないと考えられます。

一方、地震調査研究推進本部によれば、能登地区における「活断層が特定されていない場所で発生する地震の最大マグニチュード」は M6.8 となっています。これらのことから、「震源を特定せず策定する地震動」として、加藤ほか(2004)による応答スペクトル(450ガル)を想定することとしましたが、「基準地震動 Ss-1」は、この「震源を特定せず策定する地震動」を十分に上回る結果となることから、基準地震動 Ss-1 で代表させることとしました。(図 5-2)



【図 5-2 応答スペクトルに基づく地震動評価】

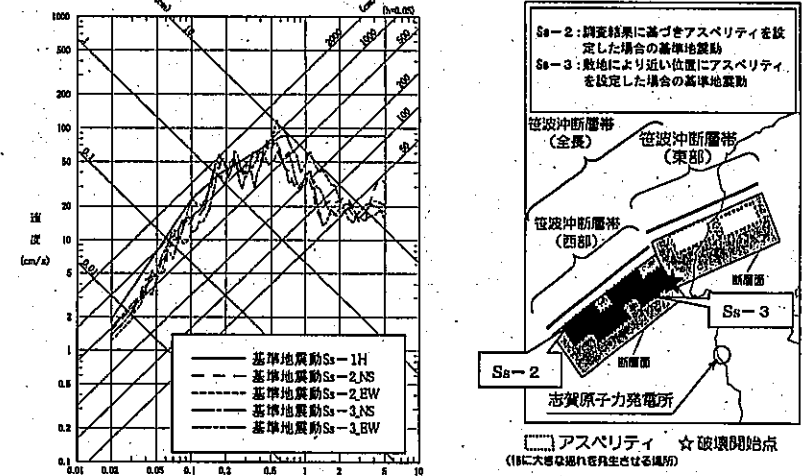
5.3 断層モデルを用いた手法による地震動評価

震源が敷地に近く、破壊過程が地震動に大きな影響を与えると考えられる地震については、断層モデルを用いた手法を重視し、より詳細な検討を行うこととなっていることから、以下の検討を行いました。

断層モデルは、能登半島地震で得られた知見や音波探査等の調査結果を反映して、設定しています。さらに評価にあたっては、アスペリティ(震源域のうち地震時に特に大きなゆれを発生させる場所)の位置を発電所敷地に最も近づけるなど、不確かさについても考慮しました。

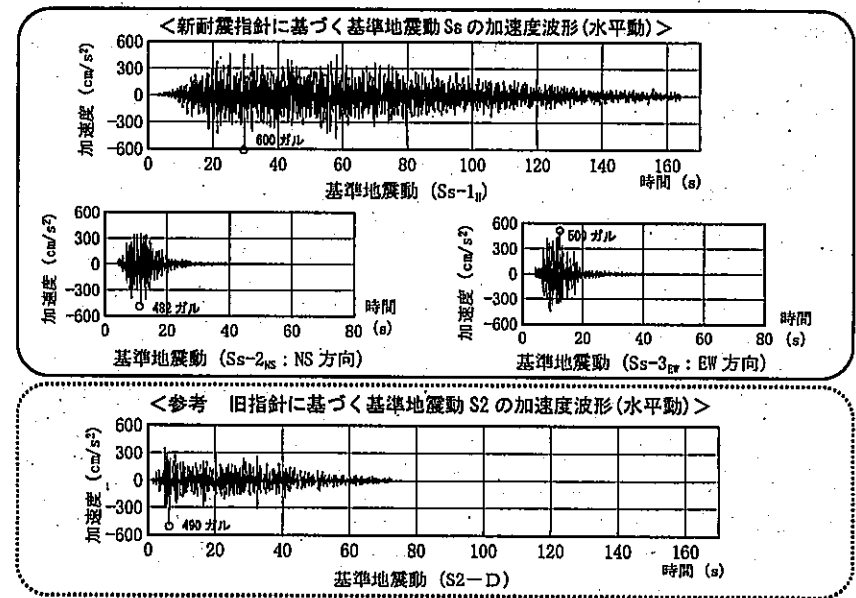
5.4 基準地震動 Ss の策定のまとめ

応答スペクトルに基づく手法により設定した「基準地震動 Ss-1 (600ガル)」に加え、断層モデルを用いた手法により、「基準地震動 Ss-2 (482ガル)」(調査結果に基づきアスペリティを設定)及び「基準地震動 Ss-3 (509ガル)」(敷地に近づけたアスペリティを設定)を設定しました。(図 5-3, 4, 5)



【図 5-4 不確かさを考慮したモデル】

【図 5-3 策定した3種類の基準地震動の応答スペクトル(水平動)】



【図 5-5 基準地震動の加速度波形(水平動)】

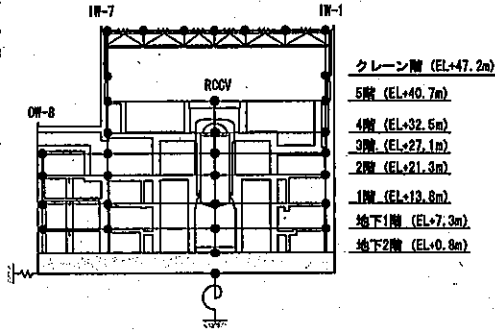
6. 施設等の耐震安全性評価

6.1 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

2号機原子炉建屋の耐震安全性の評価にあたっては、建屋全体の健全性を確認する観点から、地震応答解析の結果による耐震壁のせん断ひずみを評価しました。

地震応答解析モデル(図6-1)は、能登半島地震の知見を踏まえ、観測記録を良く再現できる解析モデルを設定し、基準地震動 Ss による地震応答解析を実施しました。

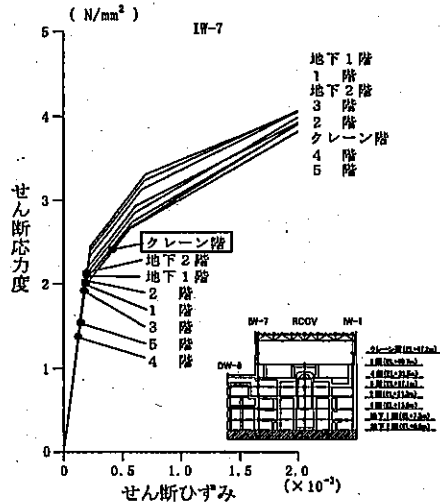
評価の結果、耐震壁の最大せん断ひずみは評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。(表6-1, 図6-2, 3)



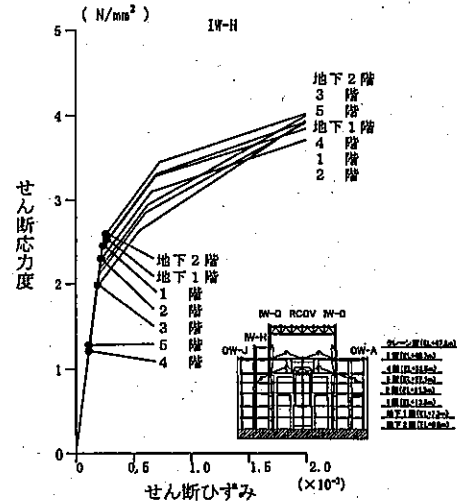
【図6-1 原子炉建屋(モデル図)】

【表6-1 耐震壁の最大せん断ひずみ】

せん断ひずみ: 0.43×10^{-3} (NS方向, クレーン階)
評価基準値: 2.0×10^{-3}



【図6-2 耐震壁のせん断ひずみ(南北方向)】



【図6-3 耐震壁のせん断ひずみ(東西方向)】

6.2 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

評価は、以下に示す2号機の原子炉を「止める」「冷やす」放射性物質を「閉じ込める」といった安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な設備に対して実施しました。

- ① 炉心支持構造物
- ② 制御棒(挿入性)
- ③ 残留熱除去ポンプ
- ④ 残留熱除去系配管
- ⑤ 原子炉压力容器
- ⑥ 主蒸気系配管
- ⑦ 原子炉格納容器

基準地震動 Ss による応答解析を行い、その結果求められた発生値(または応答加速度)を評価基準値と比較することによって構造強度評価、動的機能維持評価を行いました。

ここで評価基準値とは、構造強度評価の場合は材料毎に定められた許容応力等、動的機能維持評価の場合は試験で予め正常に作動することが確認された確認済相対変位や機能確認済加速度等のことを言います。

評価の結果、発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。(表6-2, 3)

【表6-2 構造強度評価結果】

区分	設備	評価部位	単位	発生値 ^{※1}	評価基準値(許容値)
止める	炉心支持構造物	シャフトボルト	応力(N/mm ²)	87	260
	残留熱除去ポンプ	基礎ボルト	応力(N/mm ²)	9	350
冷やす	残留熱除去系配管	配管	応力(N/mm ²)	317	364
	原子炉压力容器	基礎ボルト	応力(N/mm ²)	187	499
閉じ込める	主蒸気系配管	配管	応力(N/mm ²)	293	374
	原子炉格納容器	配管貫通部	応力(N/mm ²)	207 ^{※2}	258

※1 発生値は基準地震動 Ss-1, 2, 3 によるものうち最も厳しいものを記載

※2 Ss-1, 2, 3 による評価荷重が既往評価時の設計荷重以下となったため、発生値は既往評価時の値を記載

【表6-3 動的機能維持評価結果】

区分	設備	加速度確認部位	単位	発生値 ^{※1}	評価基準値(許容値)
止める	制御棒(挿入性)	-	時間(秒) ^{※2}	1.38 (60%挿入)	1.44 (60%挿入)
				1.93 (100%挿入)	2.80 (100%挿入)
冷やす	残留熱除去ポンプ	コラム先端部	加速度(G)	水平 0.7 鉛直 0.6	水平 10.0 鉛直 1.0
	残留熱除去系 弁	弁駆動部	加速度(G)	水平 5.4 鉛直 0.1	水平 6.0 鉛直 6.0
閉じ込める	主蒸気系 弁	弁駆動部	加速度(G)	水平 7.7 鉛直 6.8 ^{※3}	水平 10.0 鉛直 12.3 ^{※3}

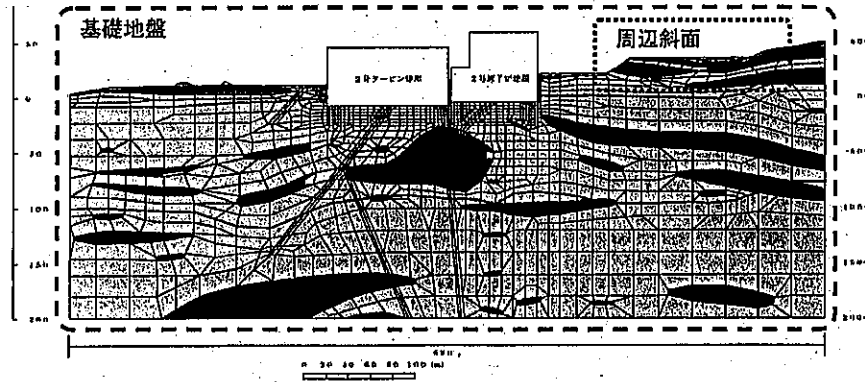
※1 発生値は基準地震動 Ss-1, 2, 3 によるものうち最も厳しいものを記載

※2 確認済相対変位を超えたため、制御棒挿入解析を実施し、制御棒が基準時間以内に挿入できることを確認

※3 機能確認済加速度を超えたため、既往試験で駆動部が 12.3G においても正常に作動することを確認、あわせて弁の構造強度評価を実施し、最弱部発生応力(596N/mm²)が評価基準値(887N/mm²)を下回ることを確認

6.3 原子炉建屋の基礎地盤安定性評価及び周辺斜面の安定性評価

原子炉建屋の基礎地盤及び周辺斜面について、基準地震動 S_s による地震力に対して十分な耐震安全性を有していることを確認しました。(図 6-4, 表 6-4)。



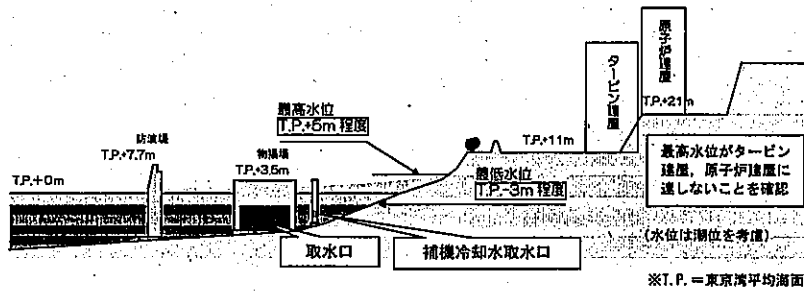
【図 6-4 基礎地盤・周辺斜面解析 (モデル図)】

【表 6-4 最小すべり安全率】

	評価値 F_s	評価基準値 (許容値)
基礎地盤	4.1	1.5 以上
周辺斜面	4.9	1.2 以上

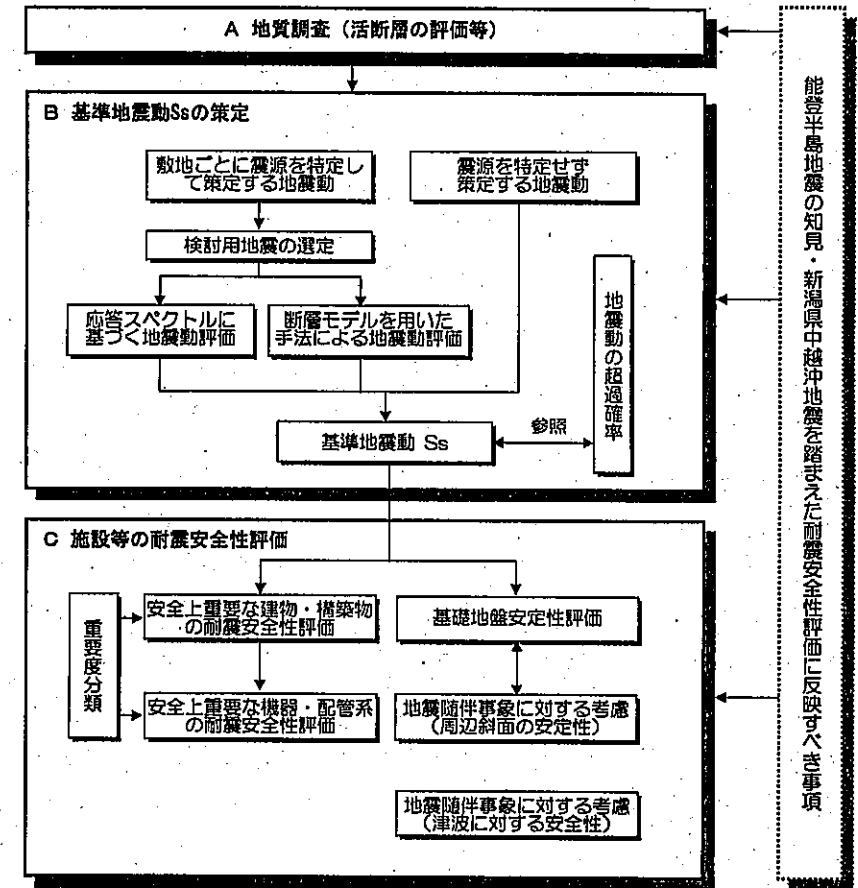
6.4 津波に対する安全性評価

既往津波、海域活断層に想定される地震に伴う津波及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の数値シミュレーションにより最も大きな津波を想定しました。この想定津波によっても、原子炉施設の安全性に問題とならないことを確認しました。(図 6-5)



【図 6-5 津波評価 模式断面図】

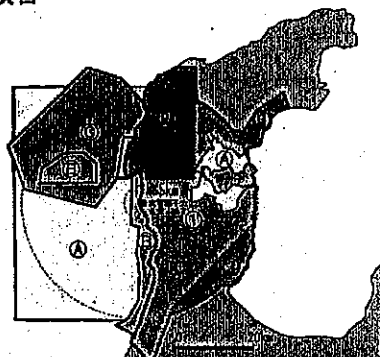
【別紙-i】耐震安全性評価の流れ



【耐震安全性評価の流れ】

【別紙-2】新耐震指針を踏まえた主な調査項目

東通原子力発電所
「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う
耐震安全性評価結果 中間報告書の概要



【地質調査の範囲】

文献調査・空中写真判読・地表地質調査の実施
(範囲：①、②、③)

・地表地質調査では、トレンチ調査(4箇所)・表土は
ぎによる露頭観察を実施し、直接地質を確認。

航空レーザ計測の実施(範囲：①、②)

・植生の影響を除去した精密な微地形情報を取得し、
客観的な変動地形の検討を実施



高密度重力探査の実施
(範囲：①他)

・重力異常を解析し
地下の断層の存在
の可能性を検討。
・大深度ボーリング
による基盤の確認
及び反射法地震探
査結果との整合性
確認



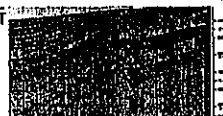
反射法地震探査(総延長約38km)・地中レーダ探査(総
延長約2.5km)等の実施

・主要な断層につい
て、探査を実施し、
地下構造を把握。



既存の音波探査記録の再解析
(範囲：④)

・断層関連褶曲の考え方を
適用



海上音波探査の追加実施
(範囲：⑤)

・沿岸域を中心にブーマ
ー・マルチチャンネル音
波探査を実施



各種研究機関による調査結果の反映

(海域(範囲：⑥))

・東大地震研：深
部構造調査と
して2船式エ
アガン・マルチ
チャンネル音
波探査
・産総研：浅部構造調査として、ブーマー・
マルチチャンネル音波探査を実施。
・その他海底地震観測等の調査結果を基に
海域の活構造の評価を実施。



(陸域(範囲：②))

・東大地震研：反射法地震探査、
・京大防災研等：地下の比抵抗構造調査
・その他陸上臨時地震観測等の調査

1. はじめに

- ・平成18年9月20日付けで原子力安全・保安院より、改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下、「新耐震指針」という。)に照らした耐震安全性の評価を実施するよう求める文書が出され、当社は、東通原子力発電所の耐震安全性評価を行ってまいりました。
- ・また、平成19年7月には新潟県中越沖地震があり、経済産業大臣より、新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映し早期に評価を完了する旨の指示があるとともに、平成19年12月27日には、原子力安全・保安院より、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項(中間取りまとめ)の通知がありました。
- ・これらを踏まえ、本日、地質調査、基準地震動Ssの策定、主要施設の評価結果など、これまで実施してきた耐震安全性評価に関する中間報告をとりまとめ、原子力安全・保安院に提出しました。なお、横浜断層につきましては、追加の地質調査を実施中であり、最終報告において原子力安全・保安院に報告する予定です。

【中間報告のポイント】

- ①新耐震指針に照らした各種地質調査結果(変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等)を考慮しました。
- ②新耐震指針の趣旨等を踏まえ、地震の不確かさの保守的評価を実施し、また、「震源を特定せず策定する地震動」も考慮し、基準地震動Ssを策定しました。
- ③基準地震動Ssにより、原子炉建屋や安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な設備の耐震解析を実施し、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ

- ・新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れは下図のとおりであり、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項も踏まえ、評価を行いました。

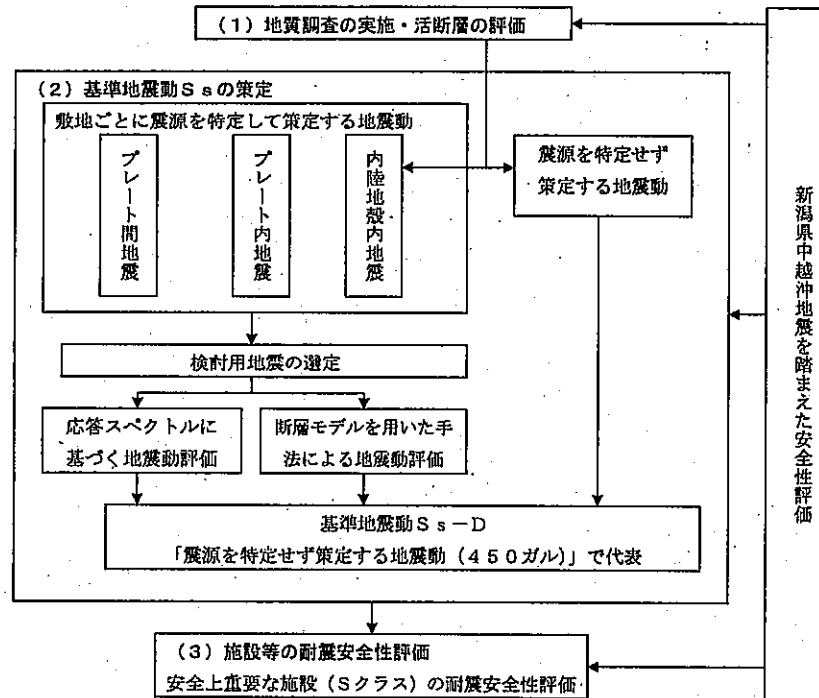


図1 耐震安全性評価の流れ

3. 耐震安全性評価（中間報告）の概要

(1) 地質調査結果の概要

- ・敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち内陸地殻内地震の震源として想定すべき活断層の評価を行うため、地質調査を行っております。
- ・新耐震指針を踏まえて、空中写真判読、地表地質調査を実施するとともに、他機関実施の反射法地震探査、海上音波探査等の調査データの検討を加え、また、中越沖地震の見聞も反映した結果、主な活断層の評価結果は以下のとおりです。（図2、表1参照）
 - 敷地近傍（敷地から半径5kmを日安）には、敷地に影響を与えるような活断層は存在しないことを確認。
 - 他機関実施の新たなデータの採用により、敷地東方沖断層の長さを見直し。
 - 上位層のかすかな撓みも断層による影響とみて、より安全側に検討のうえ、恵山沖断層の長さを見直し。
 - その他の断層については、敷地に与える影響は小さいと判断。
 - 横浜断層については追加調査を実施中であり、最終報告に反映。

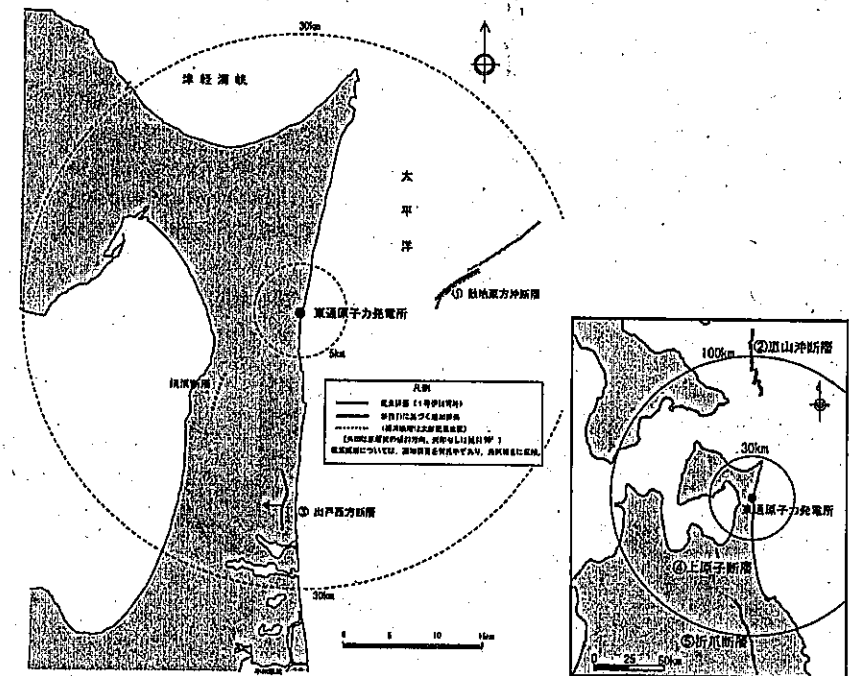


図2 新耐震指針に照らした活断層評価

- ・従来の活断層評価が変更となった考え方のポイントは以下のとおりです。
 - 断層関連撓曲の考え方を適用し、地下深部に断層が伏在する可能性を考慮。
 - 新たな海上音波探査の結果を反映。
 - 上位層のかすかな撓みも断層による影響とみて、より安全側に評価。

表1 新旧指針に基づいた活断層の評価

	新指針における評価			旧指針における評価 ^{※1}		変更理由 ^{※2}
	断層名	断層長さ L	マグニチュード M	原子炉設置許可申請書に記載の断層長さ	マグニチュード M	
海域	①敷地東方沖断層	14.5km	6.8	16km	6.8	b
	②恵山沖断層	47km	7.6	42.5km	7.5	a・c
陸域	③山原子断層	6km	6.7	6km	—	変更なし
	④上原子断層	5km	6.7	5km	—	変更なし
	⑤折爪断層	50km	7.7	50km	7.7	変更なし

※1 一：断層の長さ敷地からの距離を考慮すると敷地に与える影響は小さいと評価

※2 変更理由：本文中の「従来の活断層評価が変更となった考え方のポイント」の記号を示す

(2) 基準地震動 S_s の策定

a. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討用地震

検討用地震としては、以下の2つのタイプの地震を考慮しています。なお、プレート内地震については、これらに比べ、敷地に与える影響は小さいことを確認しています。

表2 検討用地震

地震タイプ	検討用地震	不確かさ
プレート間地震 図3-①	想定三陸沖北部の地震 (M8.3)	不確かさケースとして、保守的に断層面全体を敷地に近づけたケースを考慮
内陸地殻内地震 図3-②	敷地東方沖断層による地震 (M6.8)	不確かさケースとして、保守的に断層モデルの断層面積を拡張したケースを考慮

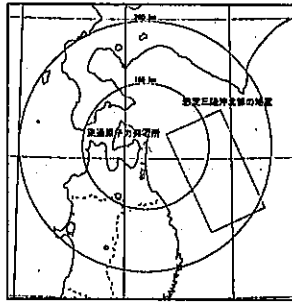


図3-① プレート間地震の断層モデル
(想定三陸沖北部の地震)

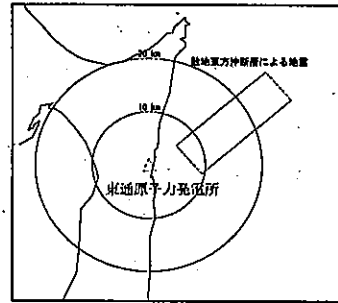


図3-② 内陸地殻内地震の断層モデル
(敷地東方沖断層による地震)

b. 震源を特定せず策定する地震動および基準地震動 S_s

- 「震源を特定せず策定する地震動」は、加藤他(2004)に基づき、その大きさを策定しています。
- 検討用地震の地震動は、応答スペクトルによる地震動、断層モデル解析による地震動両者とも「震源を特定せず策定する地震動」を大きく下回るため、基準地震動 S_s は「震源を特定せず策定する地震動」で代表することとしました。

表3 基準地震動の最大加速度値

名称	策定の概要	最大加速度値
基準地震動 S_s-D	震源を特定せず策定する地震動	450gal

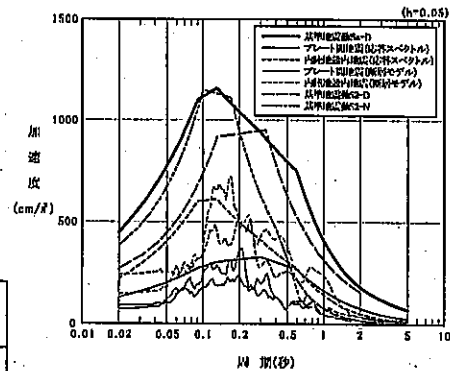


図3-③ 検討用地震の地震動と基準地震動 S_s

(3) 施設等の耐震安全性評価

a. 1号機原子炉建屋の耐震安全性評価

- 1号機原子炉建屋の耐震安全性の評価にあたっては、建屋全体の健全性を確認する観点から、基準地震動 S_s に対する応答解析の結果による耐震壁のせん断ひずみを評価しました。評価の結果、耐震壁の最大せん断ひずみは評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

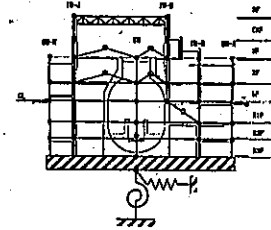


図4-① 原子炉建屋(モデル図)

耐震壁の最大せん断ひずみ

せん断ひずみ: 0.32×10^{-3} (NS方向、クレーン階)
評価基準値: 2.0×10^{-3}

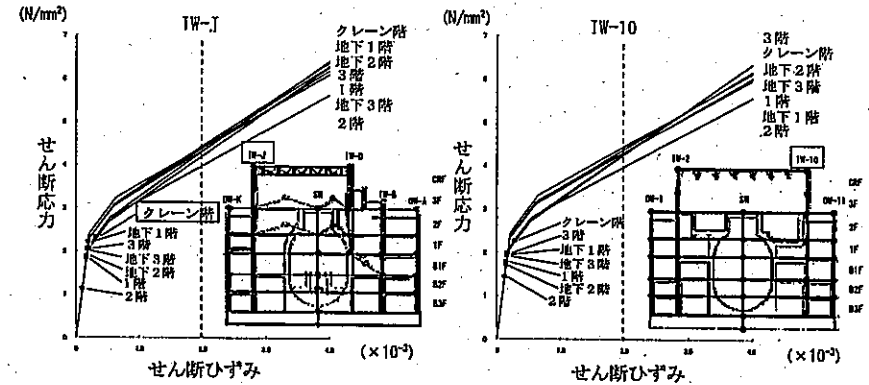


図4-② 耐震壁のせん断ひずみ (NS方向)

図4-③ 耐震壁のせん断ひずみ (EW方向)

b. 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

- 1号機の原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」ための安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの設備のうち、以下に示した主要な設備を評価対象としました。

- ①原子炉压力容器 ②炉心支持構造物 ③原子炉格納容器 ④残留熱除去系ポンプ
- ⑤残留熱除去系配管 ⑥主蒸気系配管 ⑦制御棒(挿入性)

- 基準地震動 S_s に対する応答解析の結果、求められた発生値と評価基準値を比較することにより構造強度の評価を行いました。また、制御棒の挿入性については、基準地震動 S_s に対する燃料集合体の相対変位と試験により挿入性が確認された相対変位を比較することにより評価を行いました。
- 評価の結果、発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されることを確認しました。

表4-1 構造強度評価結果(東通1号機)

区分	評価設備	発生値	評価基準値	結果
閉じ込める	原子炉圧力容器(基礎ボルト)	72[N/mm ²]	499[N/mm ²]	○
止める	炉心支持構造物(シユラウドサポートレグ)	55[N/mm ²]	229[N/mm ²]	○
閉じ込める	原子炉格納容器(サンドクッション部)*	0.41[-]	1[-]	○
冷やす	残留熱除去系ポンプ(原動機台取付ボルト)	21[N/mm ²]	444[N/mm ²]	○
冷やす	残留熱除去系配管(配管本体)	118[N/mm ²]	326[N/mm ²]	○
閉じ込める	主蒸気系配管(配管本体)	211[N/mm ²]	875[N/mm ²]	○

※原子炉格納容器は座屈評価のため、単位は無次元である

表4-2 動的機能維持評価結果(東通1号機)

区分	評価設備	発生値	評価基準値	結果
止める	制御棒挿入性(燃料集合体相対変位)	18.9[mm]	40.0[mm]	○

以上

女川原子力発電所
「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う
耐震安全性評価結果 中間報告書の概要

1. はじめに

- 平成18年9月20日付で原子力安全・保安院より、改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下、「新耐震指針」という。)に照らした耐震安全性の評価を実施するよう求める文書が出され、当社は、女川原子力発電所の耐震安全性評価を行ってきました。
- また、平成19年7月には新潟県中越沖地震があり、経済産業大臣より、新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映し早期に評価を完了する旨の指示があるとともに、平成19年12月27日には、原子力安全・保安院より、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項(中間取りまとめ)の通知がありました。
- これらを踏まえ、本日、地質調査、基準地震動Ssの策定、1号機における主要施設の評価結果など、これまで実施してきた耐震安全性評価に関する中間報告をとりまとめ、原子力安全・保安院に提出しました。なお、海域の一部の地域については、新たに実施した地質調査結果について現在解析結果を整理中であり、最終報告において原子力安全・保安院に報告する予定です。

【中間報告のポイント】

- ①新耐震指針に照らした各種地質調査結果(変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等)を考慮しました。
- ②新耐震指針の趣旨等を踏まえ、敷地周辺海域の断層群等活断層の長さをより安全側に評価、プレート間地震等想定される地震の不確かさの保守的評価を実施し、基準地震動Ssを策定しました。また、「震源を特定せず策定する地震動」も考慮しました。
- ③基準地震動Ssにより原子炉建屋や安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な設備の耐震解析を実施し、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ

・新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れは下図のとおりであり、2005年宮城県沖地震から得られた発電所の地震動の特徴等の知見や新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項も踏まえ、評価を行いました。

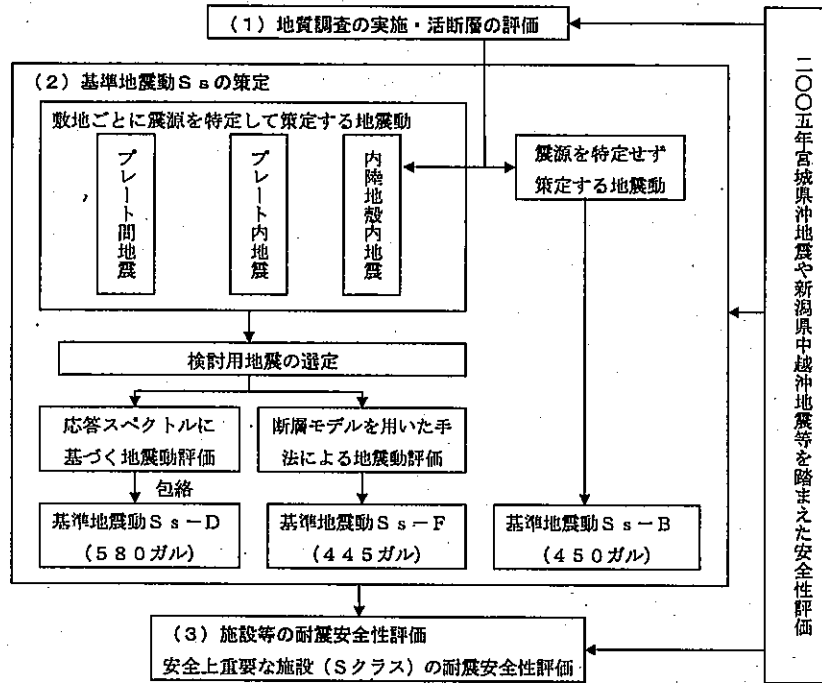


図1 耐震安全性評価の流れ

3. 耐震安全性評価（中間報告）の概要

(1) 地質調査結果の概要

- ・敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち内陸地殻内地震の震源として想定すべき活断層の評価を行うため、地質調査を行っています。
- ・新耐震指針を踏まえて、空中写真判読、地表地質調査、ボーリング調査、地下探査、海上音波探査等の地質調査を実施し、また、中越沖地震の知見および2003年宮城県中部の地震後の他機関の調査結果や余震分布等を反映した結果、主な活断層の評価結果は以下のとおりです。(図2、表1参照)
 - 敷地近傍(敷地から半径5kmを目安)に敷地に影響を与えるような活断層は存在しないことを確認。
 - 上位層のかすかな撓みも断層による影響とみて、より安全側に検討のうえ、断層の長さを評

価。

- 断層の運動性を考慮。主なものとして、F-6~F-9と1測線のみで確認された断層を一連の断層として考慮(長さ22km)。
- その他の断層については、敷地に与える影響は小さいと評価。
- 太平洋側の海域については追加調査のデータを整理中であり、最終報告に反映。

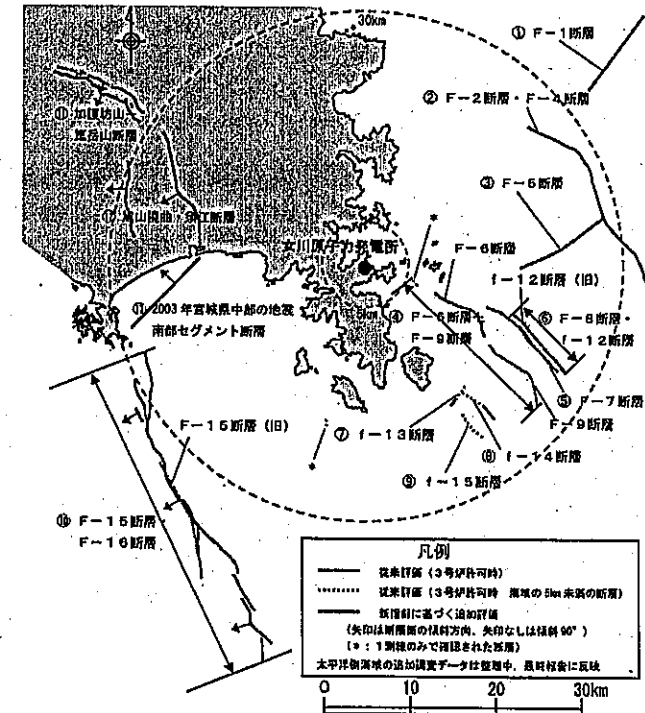


図2 新耐震指針に照らした活断層評価

- ・従来の活断層評価が変更となった考え方のポイントは以下のとおりです。
 - 断層関連褶曲の考え方を適用し、地下深部に断層が伏在する可能性を考慮。
 - 地質構造の連続性等を考慮して、複数の断層等が連続する可能性を考慮。
 - 2003年宮城県中部の地震等による新知見を反映。
 - 新たな海上音波探査の結果を反映。
 - 上位層のかすかな撓みも断層による影響とみて、より安全側に評価。

表1 新旧指針に基づいた活断層の評価

	新指針における評価			旧指針における評価 ^{※1}		変更理由 ^{※2}
	断層名	断層長さ L	マグニチュード M	原子炉設置許可申請書に記載の断層長さ	マグニチュード M	
海 域	① F-1断層 ^{※3}	11.1km	6.9	活動性なしと評価		e
	② F-2断層・F-4断層 ^{※3}	27.9km	7.2	活動性なしと評価		b・e
	③ F-5断層 ^{※3}	11.2km	6.9	活動性なしと評価		c
	④ F-6断層+F-9断層 ^{※3}	22.0km (F-6+F-9)	7.1	F-6: 6.4km	6.2	b・o
				F-9: 8.9km	6.5	
	⑤ F-7断層 ^{※3}	22.0km (F-6+F-9)	7.1	F-7: 9.2km	6.5	e
	⑥ F-8断層・f-12断層 ^{※3}			F-8: 6.5km	6.2	b・e
	⑦ f-13断層 ^{※3}	3.3km	6.9	2.2km	-	e
	⑧ f-14断層 ^{※3}	5.1km	6.9	3.1km	-	e
	⑨ f-15断層 ^{※3}	3.7km	6.9	3.7km	-	変更なし
	⑩ F-15断層・F-16断層	38.7km	7.5	14.2km	6.8	b・d
	⑪ 2003年宮城県中部の地震南部セグメント断層	12km	6.9	記載なし		c
	陸	⑫ 加護坊山-笹岳山断層	17km	6.9	活動性なしと評価	
⑬ 旭山-楢曲-須江断層		16km	6.9	活動性なしと評価		a・c

※1 - : 断層の長さや敷地からの距離を考慮すると敷地に与える影響は小さいと評価
 ※2 変更理由: 本文中の「従来の活断層評価が変更となった考え方のポイント」の記号を示す
 ※3 太平洋側の海域について実施した追加調査の結果により変更の可能性あり

(2) 基準地震動 S_s の策定

a. 検討用地震

検討用地震としては、以下の3つのタイプの地震を考慮しています。

表2 検討用地震

地震タイプ	検討用地震	過去の評価との主な違い
プレート間地震 図3-①	運動型想定宮城県沖地震 (M8.2)	アスペリティの応力降下量の不確かさについて保守的に評価。宮城県沖に適用する応答スペクトルに基づく評価法の採用。
プレート内地震 図3-②	敷地下方のM7.1の地震	断層モデル解析や観測記録と整合した応答スペクトルに基づく評価法を採用。なお、敷地下方のM7.2についても地震動を評価・確認している。
内陸地殻内地震 図3-③	F-6断層～F-9断層による地震 (M7.1)	震源断層として連続評価。断層面やアスペリティ位置等も保守的に評価。

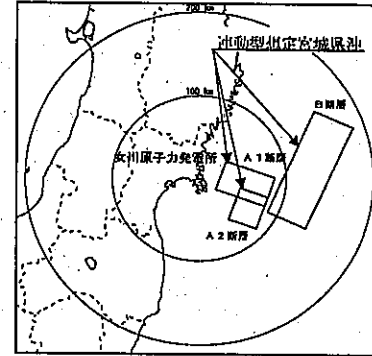


図3-① プレート間地震の断層モデル (運動型想定宮城県沖地震)

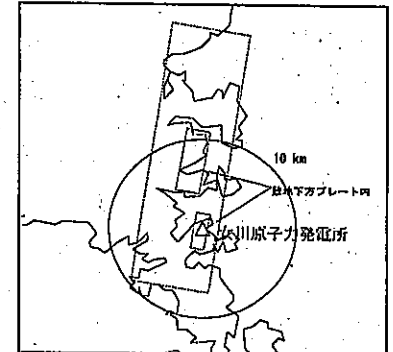


図3-② プレート内地震の断層モデル (敷地下方M7.1の地震)

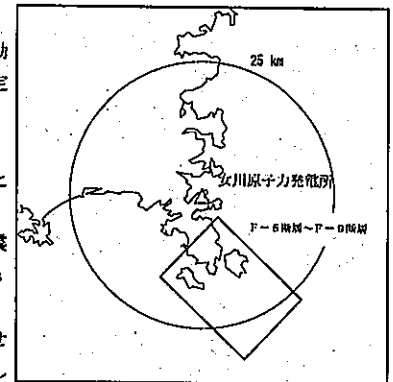


図3-③ 内陸地殻内地震の断層モデル (F-6断層～F-9断層による地震)

b. 地震動評価と基準地震動 S_s

検討用地震に対して、応答スペクトルに基づいた地震動の評価結果を包絡するように基準地震動 S_s-D を策定しています。

なお、基準地震動 S_s-D は、当社が 2005 年宮城県沖地震を踏まえた耐震安全性検討を実施した際に策定した「安全確認地震動」と同じものです。(図4-①)

また、検討用地震に対して、断層モデル解析による地震動評価を行い、最も影響の大きいものを基準地震動 S_s-F として選定しています。(図4-②)

更に、加藤他 (2004) に基づき策定した「震源を特定せず策定する地震動」を基準地震動 S_s-B として設定しています。

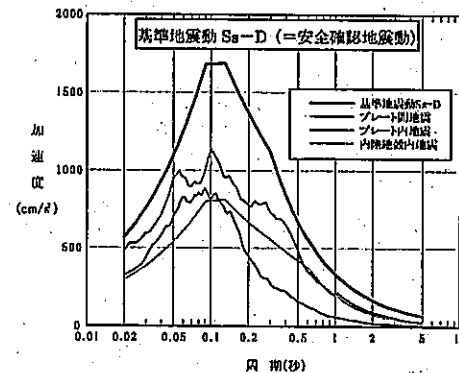


図4-① 応答スペクトルに基づく地震動評価

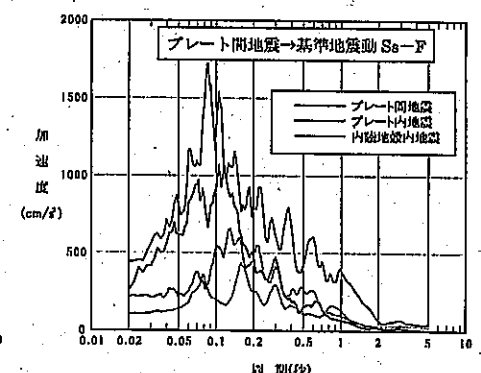


図4-② 断層モデル解析による地震動評価

表3 基準地震動S_sの最大加速度値

基準地震動 S _s の名称	策定の概要	最大加速度値 (g)
基準地震動 S _s -D	応答スペクトルに基づく手法による評価結果を包絡	580
基準地震動 S _s -F	連動型地震の不確かさケースを考慮した断層モデル解析結果	445
基準地震動 S _s -B	震源を特定せず策定する地震動	450

水平動の最大加速度値を示す

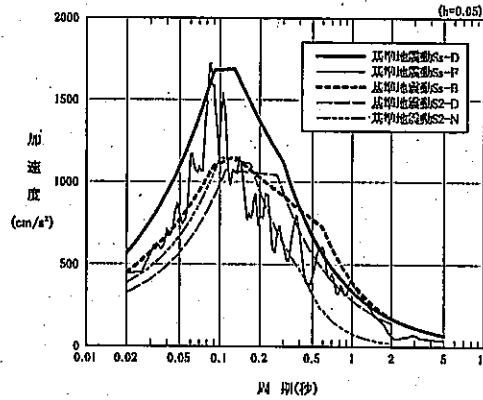


図4-3 基準地震動S_sの応答スペクトル

(3) 施設等の耐震安全性評価

a. 1号機原子炉建屋の耐震安全性評価

- 1号機原子炉建屋の耐震安全性の評価にあたっては、建屋全体の健全性を確認する観点から、地震応答解析の結果による耐震壁のせん断ひずみを評価しました。
- 鉛直動の地震応答解析モデルは、2005年宮城県沖の地震の観測記録を良く再現できることを確認しました。
- 評価の結果、基準地震動S_s-Dによる応答が最も厳しいが、その場合でも、耐震壁の最大せん断ひずみは評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

耐震壁の最大せん断ひずみ

せん断ひずみ: 0.65×10^{-3}

(NS方向、S_s-D、3階)

評価基準値: 2.0×10^{-3}

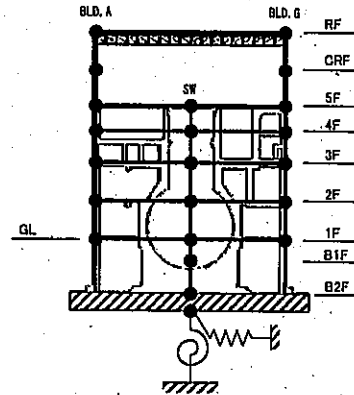


図5-1 原子炉建屋(モデル図)

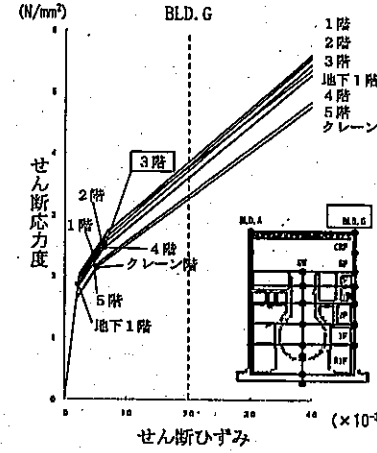


図5-2 耐震壁のせん断ひずみ (NS方向、S_s-D)

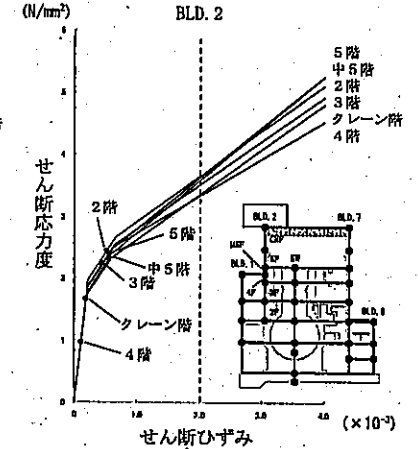


図5-3 耐震壁のせん断ひずみ (EW方向、S_s-D)

b. 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

- 1号機の原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」ための安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの設備のうち、以下の主要な設備について評価しました。

- | | | | |
|-----------|----------|-----------|------------|
| ①原子炉圧力容器 | ②炉心支持構造物 | ③原子炉格納容器 | ④残留熱除去系ポンプ |
| ⑤残留熱除去系配管 | ⑥主蒸気系配管 | ⑦制御棒(挿入性) | |

- 基準地震動S_sに対する応答解析の結果、求められた発生値と評価基準値を比較することにより構造強度の評価を行いました。また、制御棒の挿入性については、基準地震動S_sに対する燃料集合体の相対変位と試験により挿入性が確認された相対変位を比較することにより評価を行いました。
- 評価の結果、発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されることを確認しました。

表4-1 構造強度評価結果(女川1号機)

区分	評価設備	発生値	評価基準値	結果
閉じ込める	原子炉圧力容器(基礎ボルト)	135[N/mm]	222[N/mm]	○
止める	炉心支持構造物(シュラウドサポートレグ)	92[N/mm]	250[N/mm]	○
閉じ込める	原子炉格納容器(サンドクッション部)	176[N/mm]	255[N/mm]	○
冷やす	残留熱除去系ポンプ(電動機取付ボルト)	143[N/mm]	181[N/mm]	○
冷やす	残留熱除去系配管(配管本体)	176[N/mm]	363[N/mm]	○
閉じ込める	主蒸気系配管(配管本体)	168[N/mm]	363[N/mm]	○

表4-2 動的機能維持評価結果(女川1号機)

区分	評価設備	発生値	評価基準値	結果
止める	制御棒挿入性(燃料集合体相対変位)	25.7[mm]	40.0[mm]	○

(別添2)

平成20年3月28日
中国電力株式会社

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う
島根原子力発電所の耐震安全性評価結果 中間報告書の概要

1. はじめに

平成18年9月20日付けで原子力安全・保安院より、改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下「新耐震指針」という)に照らした耐震安全性の評価を実施するよう求める文書が发出され、当社は島根原子力発電所の耐震安全性評価を行ってきました。

その後、平成19年7月に新潟県中越沖地震が発生し、経済産業大臣より、新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映し早期に評価を完了する旨の指示がなされるとともに、平成19年12月27日には、原子力安全・保安院より、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項(中間取りまとめ)の通知がありました。

これらを踏まえ、本日平成20年3月28日、地質調査結果、基準地震動Ssの策定結果、1,2号機の主要な設備の評価結果等、これまで実施してきた耐震安全性評価に関する中間報告書を取りまとめ、原子力安全・保安院に提出いたしました。中間報告書の概要は以下のとおりです。

【中間報告のポイント】

- ① 新耐震指針に従い、変動地形学的調査による変位地形・リニアメント位置において、地表地質踏査、ボーリング調査、地球物理学的調査等を実施しました。その結果および文献等の新知見を考慮して、突道断層は最大でも約22kmであると評価しました。
(従来:約10km → 今回:約22km)
- ② 基準地震動Ssは、突道断層等から想定される地震動に余裕を持たせ策定しました。
(突道断層約22kmから想定される最大加速度439ガルに対し、基準地震動Ss600ガルを設定)
- ③ 新しく策定した基準地震動Ssにより、1,2号機の原子炉を「止める」「冷やす」放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有する主要な施設の耐震安全性評価を行い、その安全機能が保持されることを確認しました。

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ

耐震安全性評価の第一段階として、新耐震指針に照らした各種地質調査を実施し、この調査結果を用いて、新耐震指針に照らした基準地震動Ssの策定を行い、この基準地震動Ssに対して建物や機器・配管系の耐震安全性評価を実施しました。

新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れは、別紙-1のとおりであり、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項も踏まえ、評価を行いました。

3. 地質調査の実施

新耐震指針を先取りし、平成18年7月から、変動地形学的調査、地表地質踏査、地球物理学的調査等を適切に組み合わせた詳細な調査を徹底して実施しました。新耐震指針を踏まえて実施した主な調査項目は別紙-2のとおりです。なお、トレンチ調査等については継続実施中です。

4. 活断層の評価

断層評価の変更点の主なポイントは次のとおりです。

- 1. 変動地形学的調査や地球物理学的調査等といった新耐震指針で明示的に追加された調査手法によるもの
- 2. 文献等(都市圏活断層図「松江」(2008)等)の新知見
- 3. 不確かさを考慮した安全側の評価
- 4. 孤立した短い活断層^(注)として評価したもの(従来は短いので影響はないと評価)

(注) 孤立した短い活断層の評価

原子力安全・保安院指示文書(H19.12.27)を踏まえ、敷地周辺の地震発生層、活断層の性質等を考慮してマグニチュード6.8相当の地震を想定。

断層名	新耐震指針における評価		旧耐震指針における評価		変更理由 ^{※2}
	断層長さ L	マグニチュード [*] M	3号機設置許可 ^{※1} 時の断層長さL	マグニチュード [*] M	
①突道断層	22km	7.1	10km	—	1・2・3
敷地近傍陸域	<p>【断層評価のポイント】</p> <p>変動地形学的調査を含む地質調査結果および文献等の新知見を考慮し、西端については、佐陀本郷西方の変位地形・リニアメントの延長上において耐震設計上考慮する活断層がない・古浦西方とし、東端については、福原町東方の変位地形・リニアメントの延長上において耐震設計上考慮する活断層がない・下宇部尾東とする。</p> <p>以上のことから、最大でも約22km(古浦西方～下宇部尾東)と評価し、これを耐震設計上考慮する活断層長さとする。</p> <p>(調査状況)</p> <p>【西端】</p> <p>○古浦でのボーリング調査等の結果、基盤に断層が認められるとともに最近の断層活動が否定できない。</p> <p>○古浦西方および男島付近での地表地質踏査等の結果、耐震設計上考慮する活断層はない。</p> <p>【東端】</p> <p>○上本庄町付近での詳細な変動地形学的調査および地表地質踏査等の結果、活断層が推定される。</p> <p>○上本庄町より東方の枕木町、長海町および中海北部での地表地質踏査等の結果、耐震設計上考慮する活断層はない。</p> <p>○中海北部より東方の下宇部尾でのボーリング調査等の結果、最近の断層活動はないものと考えているが、基盤に断層が認められることからトレンチ調査を実施中。</p> <p>○更に東方の下宇部尾東でのほぎ取り調査の結果、耐震設計上考慮する活断層はない。</p>				

※1 平成17年4月26日許可

※2 変更理由:本文中の「断層評価の変更点の主なポイント」の番号を示す。

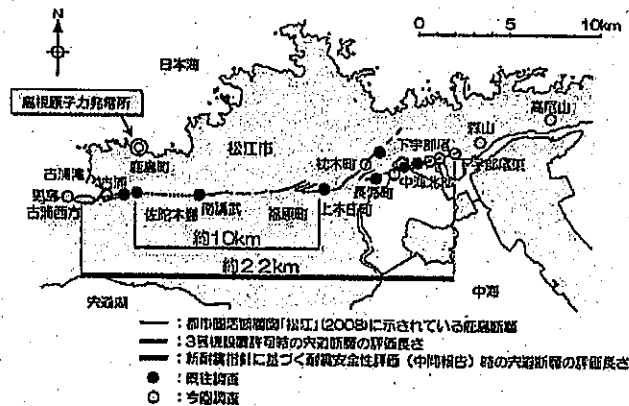
断層名	新耐震指針における評価		旧耐震指針における評価		変更理由※1
	断層長さ L	マグニチュード M	3号機設置許可 時の断層長さL	マグニチュード M	
② 大社衝上断層	29km	7.3	同左		変更なし
③ 万田付近断層	9km※2	6.8	6km	6.1	4
その他の断層	【断層評価のポイント】 現在調査中であるが、すべての変位地形・リニアメントを耐震設計上考慮する活断層として評価しても、影響は宍道断層を上回らないことを確認。				—
④ F _K -1	19km	7.0	同左		変更なし
⑤ F-IV	22km	7.1	同左		変更なし
⑥ F-V	17km	6.9	同左		変更なし
⑦ F-III	6km	6.8	6km	6.1	4
⑧ K-4	9km	6.8	9km	6.4	4
⑨ K-6	9.5km	6.8	9.5km	6.5	4
⑩ K-7	9km	6.8	9km	6.4	4
⑪ 鳥取沖東部断層	51km	7.7	同左		変更なし
⑫ 鳥取沖西部断層	26km	7.2	同左		変更なし
⑬ 大田沖断層	47km	7.6	同左		変更なし
	【断層評価のポイント】 ○3号機設置許可時の断層評価を確認するために海上音波探査を実施し、現在解析中。現時点で従来の評価を否定する結果は得られていないため、評価を変更していないが、今後も評価検討を継続。 ○特に互いに近接する断層（F-IV、F-V）の連続性を考慮しても影響は宍道断層を上回らないことを確認。 ○⑦～⑩は孤立した短い活断層であるが、敷地に近いことから保守的にM6.8として評価※4。				

※1 変更理由：文章中の「断層評価の変更点の主なポイント」の番号を示す。

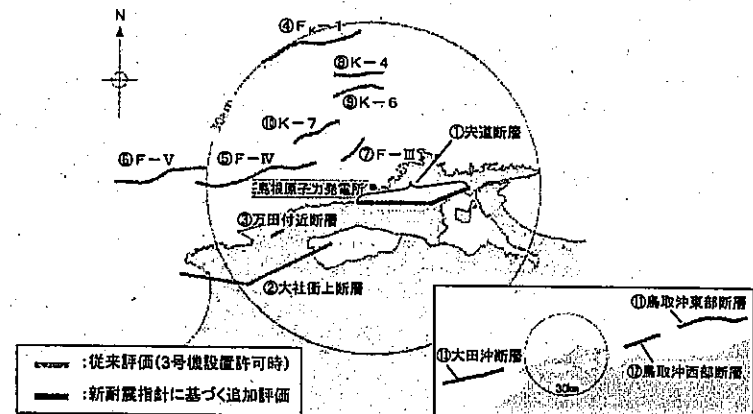
※2 調査中のため、変位地形・リニアメントを耐震設計上考慮する活断層として仮定

※3 3号機設置許可時に既に断層関連褶曲の考え方を適用して評価

※4 原子力安全・保安院による指示文書（II19.12.27）



【図4-1 宍道断層に係る地質調査および評価】



【図4-2 敷地周辺の断層評価】

5. 基準地震動 Ss の策定

5.1 敷地に最も大きな影響を及ぼす「検耐用地震」の選定

活断層調査結果を踏まえ、全ての耐震設計上考慮する活断層を比較検討した結果、「宍道断層による地震」が島根原子力発電所に最も影響が大きいことから、これを検耐用地震としました。なお、敷地周辺における過去の地震である「880年出雲の地震」も併せて検耐用地震に選定しました。

5.2 震源を特定して策定する地震動

震源を特定して策定する地震動は、以下の検耐用地震による地震動に余裕を持たせて策定しました。(図 5-1)

(1) 宍道断層による地震

① 断層モデルを用いた手法による地震動評価

断層モデルは、活断層調査結果等を踏まえて設定しています。さらに評価にあたっては、アスペリティ(震源域のうち地震時に特に大きなゆれを発生させる場所)の面積のばらつきなど、不確かさについても考慮しました。

② 応答スペクトルに基づく地震動評価

宍道断層については、震源が敷地に近く、その破壊過程が地震動に大きな影響を与えると考えられることから、断層モデルを用いた手法を重視しました。なお、応答スペクトルに基づく地震動評価については、距離減衰式の適用範囲を外れますが断層モデルを用いた手法の妥当性確認に用いました。

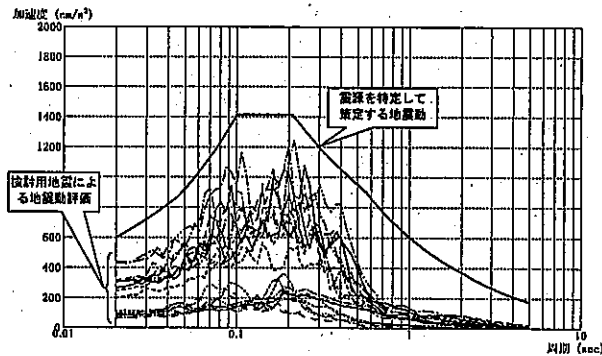
(2) 880年出雲の地震

① 断層モデルを用いた手法による地震動評価

断層モデルは、文献による地震規模と震央位置等をもとに設定しています。さらに、評価にあたっては、断層の走向など、不確かさについても考慮しました。

② 応答スペクトルに基づく地震動評価

応答スペクトルに基づく地震動は、文献による地震規模と震央位置等をもとに評価しています。さらに、評価にあたっては、断層の走向など、不確かさについても考慮しました。



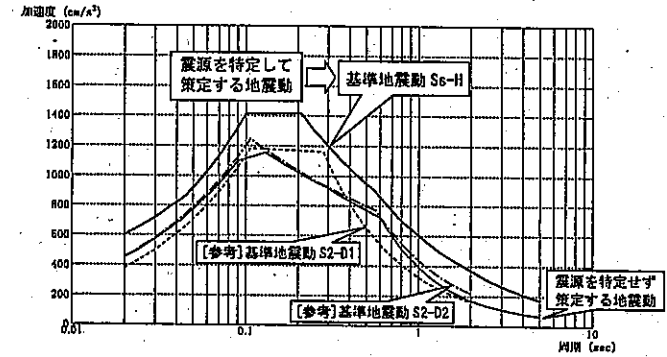
【図 5-1 震源を特定して策定する地震動の応答スペクトル】

5.3 震源を特定せず策定する地震動

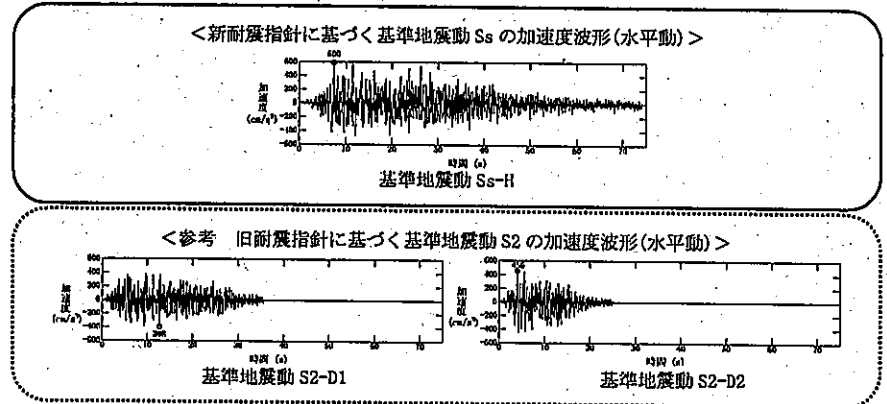
敷地周辺において発生する震源を特定できない地震の最大規模に関する検討等を行った結果、最大でも M6.7 程度であると考えられますが、「震源を特定せず策定する地震動」として、これを上回る規模の地震を検討対象に加えて設定された「加藤ほか(2004)」による応答スペクトル(450 ガル)を採用することとしました。なお、この「震源を特定せず策定する地震動」は「震源を特定して策定する地震動」に包絡される結果となりました。(図 5-2)

5.4 基準地震動 Ss の策定のまとめ

「震源を特定して策定する地震動」による応答スペクトルが、「震源を特定せず策定する地震動」による応答スペクトルを全周期帯で包絡するため、基準地震動 Ss は「震源を特定して策定する地震動」で代表させることとしました。(図 5-2, 3)



【図 5-2 基準地震動の応答スペクトル(水平動)】



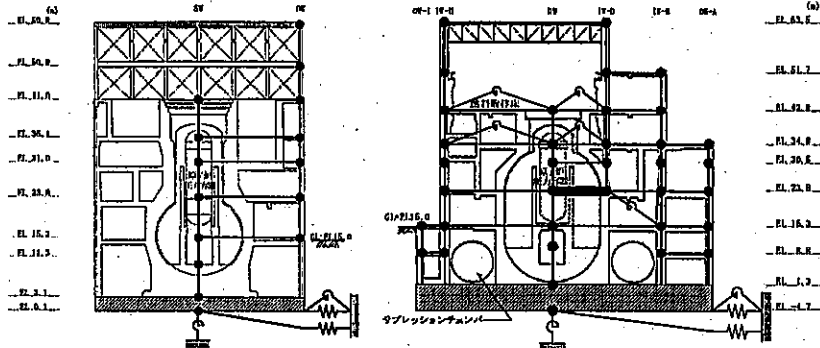
【図 5-3 基準地震動の加速度波形(水平動)】

6. 施設等の耐震安全性評価

6.1 安全上重要な建物の耐震安全性評価

原子炉建物の耐震安全性の評価にあたっては、建物全体の健全性を確認する観点から、地震応答解析の結果による耐震壁のせん断ひずみを評価しました。

地震応答解析モデル(図6-1, 2)は、建物の質量や耐震壁の剛性等を適切に集約したモデルを設定し、基準地震動 Ss による地震応答解析を実施しました。



【図6-1 1号機原子炉建物(モデル図)】

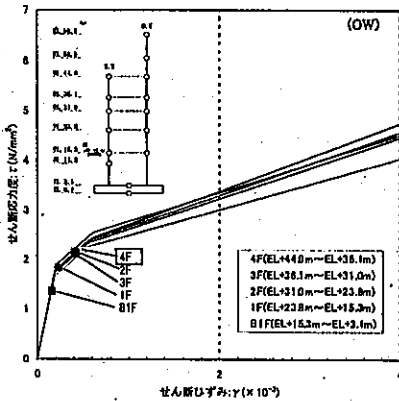
【図6-2 2号機原子炉建物(モデル図)】

評価の結果、耐震壁の最大せん断ひずみは評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

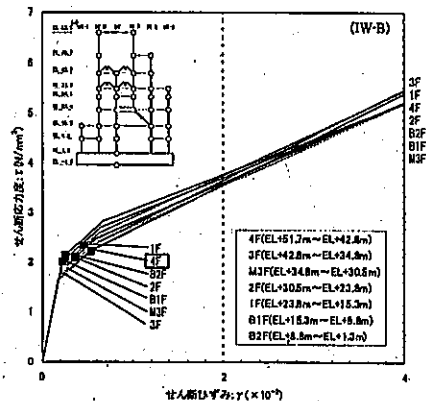
(表6-1, 図6-3, 4)

【表6-1 建物の評価結果】

施設名	せん断ひずみ	評価基準値	評価結果
1号機原子炉建物	0.49×10^{-3} (南北方向, 4階)	2.0×10^{-3}	良
2号機原子炉建物	0.53×10^{-3} (東西方向, 4階)	2.0×10^{-3}	良



【図6-3 耐震壁の最大せん断ひずみ
(1号機原子炉建物, 南北方向)】



【図6-4 耐震壁の最大せん断ひずみ
(2号機原子炉建物, 東西方向)】

6.2 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

評価は、以下に示す1, 2号機の原子炉を「止める」「冷やす」放射性物質を「閉じ込める」といった安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な施設に対して実施しました。

- ① 制御棒(挿入性)
- ② 炉心支持構造物
- ③ 残留熱除去ポンプ
- ④ 残留熱除去系配管
- ⑤ 原子炉格納容器
- ⑥ 原子炉圧力容器
- ⑦ 主蒸気系配管

基準地震動 Ss による応答解析を行い、その結果求められた発生値を評価基準値と比較することによって構造強度評価および動的機能維持評価を行いました。

評価の結果、発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。(表6-2)

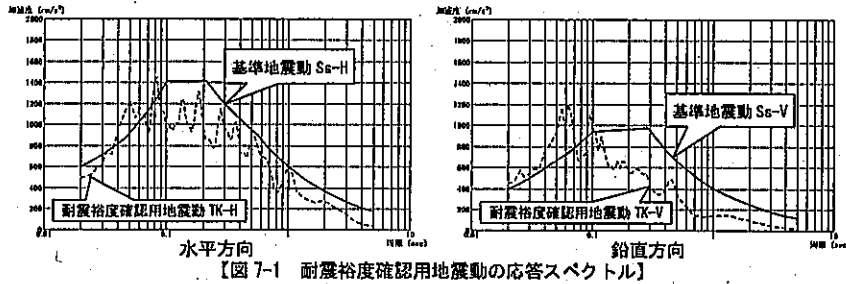
【表6-2 機器・配管系の評価結果】

区分	主要な施設	単位	1号機*			2号機*		
			発生値	評価基準値	評価結果	発生値	評価基準値	評価結果
止める	制御棒(挿入性)	mm	26.3	40.0	良	34.7	40.0	良
	炉心支持構造物	N/mm ²	57	212	良	121	334	良
冷やす	残留熱除去ポンプ	N/mm ²	16	185	良	10	350	良
	残留熱除去系配管	N/mm ²	218	260	良	199	335	良
閉じ込める	原子炉格納容器	N/mm ²	114	382	良	73	495	良
	原子炉圧力容器	N/mm ²	129	467	良	307	499	良
	主蒸気系配管	N/mm ²	285	374	良	248	374	良

※ 発生値および評価基準値は、(発生値/評価基準値)が最も大きくなるものを記載。

7. 2000年鳥取県西部地震に関する考察

山陰地域で発生した最大の地震である2000年鳥取県西部地震に関しては、基準地震動 S_s の策定にあたって、敷地周辺で発生した過去の被害地震として考慮していますが、鳥根原子力発電所の立地する地域で発生したものであり、活断層に基づく震源位置および地震規模の特定について諸説があることから、念のため宍道断層の位置で当該地震が発生したと仮定し、図7-1に示す耐震余裕確認用地震動（2000年鳥取県西部地震の震源近傍の観測記録に基づき設定した地震動）で、主要な施設の安全機能が保持されることを確認しました。（表7-1, 2）



【表7-1 建物の評価結果】

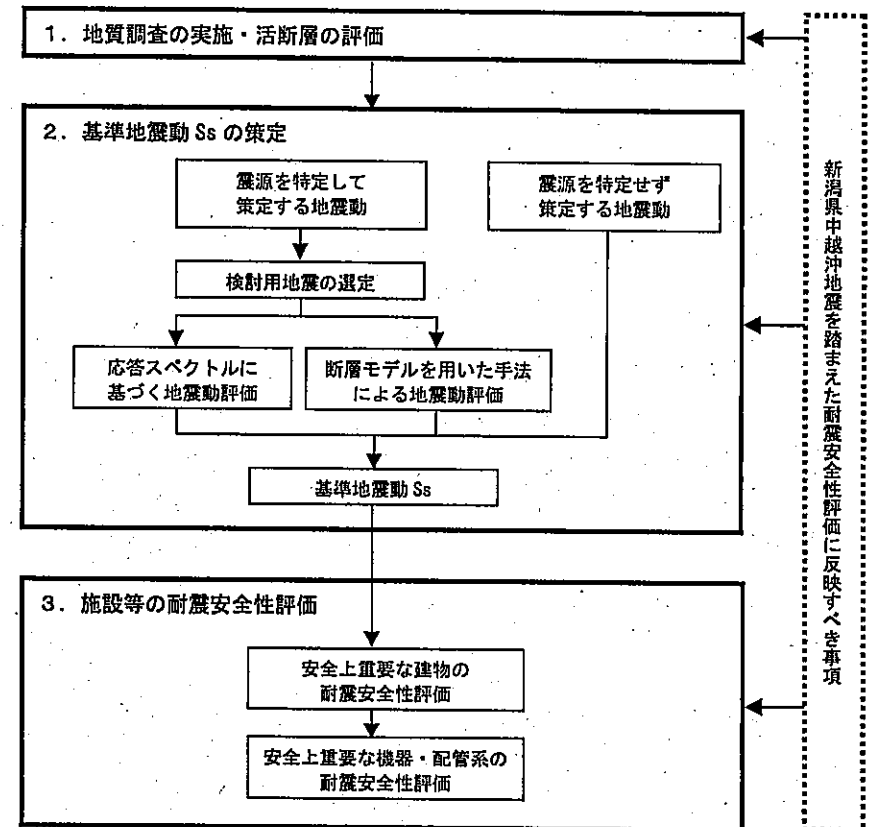
施設名	せん断ひずみ	評価基準値	評価結果
1号機原子炉建物	0.26×10^{-3} (東西方向, 2階)	2.0×10^{-3}	良
2号機原子炉建物	0.30×10^{-3} (東西方向, 1階)	2.0×10^{-3}	良

【表7-2 機器・配管系の評価結果】

区分	主要な施設	単位	1号機※			2号機※		
			発生値	評価基準値	評価結果	発生値	評価基準値	評価結果
止める	制御棒（挿入性）	mm	14.6	40.0	良	15.5	40.0	良
	炉心支持構造物	N/mm ²	67	212	良	65	334	良
冷やす	残留熱除去ポンプ	N/mm ²	12	185	良	9	350	良
	残留熱除去系配管	N/mm ²	189	260	良	192	335	良
閉じ 込める	原子炉格納容器	N/mm ²	90	382	良	55	495	良
	原子炉圧力容器	N/mm ²	88	467	良	232	499	良
	主蒸気系配管	N/mm ²	275	374	良	338	374	良

※ 発生値および評価基準値は、（発生値/評価基準値）が最も大きくなるものを記載。

【別紙-1】耐震安全性評価の流れ



【別紙-2】新耐震指針を踏まえた主な調査項目

文献調査(3号機設置許可後に発刊された文献)の実施

- ・鹿島断層(島根半島)東部におけるトレンチ調査(2006)
- ・鹿島断層<島根半島>の最新活動時期の考古学的調査による解明(2007)
- ・都市圏活断層図「松江」(2008)等

海上音波探査(範囲:④)

敷地前面海域の断層を対象に、更なるデータの充実のため、3号機設置許可時とは別手法により音波探査(28測線、測線長286km)を実施。



変動地形的調査(空中写真判読)・地表地質踏査の実施(範囲:①、②)

変動地形的視点に基づいた地形調査を実施。地表地質踏査については、地形調査により抽出された変位地形・リニアメントを中心に実施。露頭のない箇所については、はぎ取り・ビット調査により直接地質を確認。

トレンチ調査の実施(範囲:④)

突道断層を対象に、ボーリング調査等の結果、断層の可能性がある箇所において、データ精度向上のためトレンチ調査を実施。



変動地形的調査(航空レーザー測量)(範囲:②)

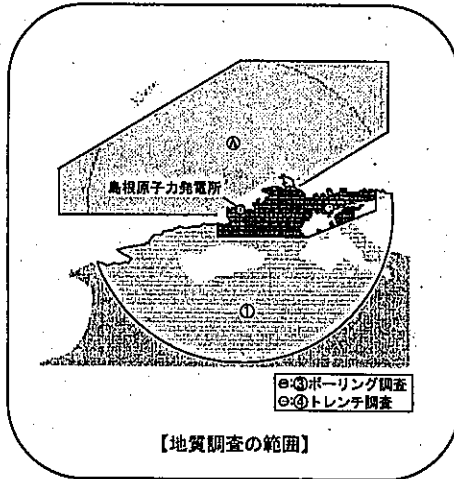
突道断層沿いにおいて、航空レーザー測量を行い、植生の影響を除去した精度の高い地形情報を取得し、変動地形の検討を実施。



ボーリング調査の実施(範囲:③)

敷地内および突道断層沿いにおいて、ボーリング調査を実施し、地質・地質構造を把握。

反射法地震探査の実施
突道断層を対象にして探査を実施し、地下構造を把握。



伊方発電所
「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う
耐震安全性評価結果 中間報告書の概要

1. はじめに

平成18年9月20日付けで原子力安全・保安院より、改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下「新耐震指針」という。)に照らした耐震安全性の評価を実施するよう求める文書が出され、当社は、伊方発電所の新耐震指針に照らした耐震安全性評価を行ってきました。

その後、平成19年7月に新潟県中越沖地震があり、経済産業大臣より、新潟県中越沖地震から得られる知見を適切に反映し早期に耐震安全性評価を完了する旨の指示があるとともに、平成19年12月27日には、原子力安全・保安院より、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項(中間取りまとめ)の通知がありました。

これらを踏まえ、本日、平成20年3月28日、地質調査結果、基準地震動Ssの策定結果、3号機における主要施設の評価結果など、これまで実施してきた耐震安全性評価に関する中間報告を取りまとめ、国に提出いたしました。中間報告の概要は以下のとおりです。

【中間報告のポイント】

- ① これまで実施してきた各種地質調査によるデータの再整理および拡充を行うとともに、新潟県中越沖地震で得られた知見も含め、新耐震指針に照らして評価した結果、新たに考慮すべき大規模な断層はありませんでした。
- ② 新耐震指針に照らして、不確かさを考慮し安全側に地震動評価を行って策定した結果、基準地震動の最大加速度は、570ガルとなりました。この基準地震動に最も影響がある地震は、これまでと同様、敷地前面海域の断層群による地震です。
- ③ 新しい基準地震動により、安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な設備や原子炉建屋等の耐震解析を実施し、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ

耐震安全性評価の検討に先立ち、これまで実施してきた各種地質調査、歴史地震の調査等を実施し、この調査結果を用いて、新耐震指針に照らした基準地震動Ssの策定を行い、建物・構築物や機器・配管系の耐震安全性評価を順次実施しました。

新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れは、別紙-1のとおりであり、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項も踏まえ、評価を行いました。

3. 地質調査の実施

当社は、新耐震指針を先取りし、変動地形的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等を適切に組み合わせた詳細な調査を実施しております。

主な調査項目は別紙-2のとおりです。

4. 活断層の評価

活断層評価にあたっては、「新耐震指針」や「中越沖地震を踏まえ反映すべき事項」（平成19年12月27日、原子力安全・保安院）における活断層評価の考え方や趣旨を踏まえ、変動地形学的観点からの地形判読などを行い、また、3号炉許可以降の文献も考慮しながら安全側に評価を行いました。（表-1、図-1）従来の活断層評価が変更となった考え方のポイントは以下のとおりです。

【従来の活断層評価が変更となった考え方のポイント】

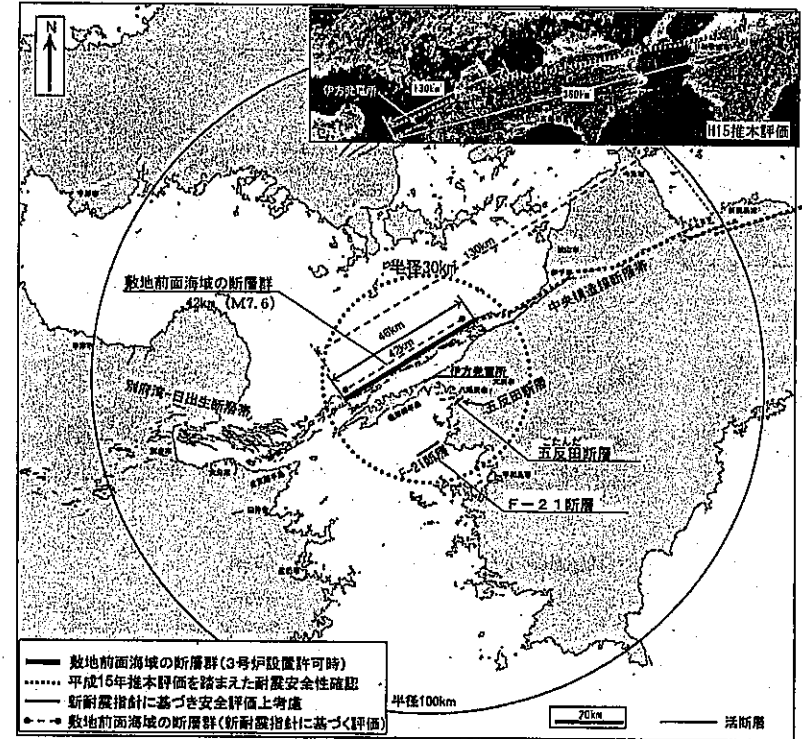
- a. 活断層評価対象期間が5万年から12～13万年前までに変更になったことによるもの
- b. 複数のセグメント間における破壊の伝播を考慮したもの
- c. 変動地形学的調査等の新耐震指針で明示的に追加された調査手法によるもの
- d. 不確かさを考慮した安全側の評価

なお、伊方発電所の位置する四国北西部は、中越沖のようないわゆる「ひずみ集中帯」に位置しておらず、また断層関連褶曲が存在しないことを確認しました。

【表-1 新・旧耐震指針に基づいた評価】

新耐震指針における評価			旧耐震指針における評価 (3号炉評価)		変更理由※1
断層名	断層長さ L	地震動評価 上の規模	断層長さ L	地震動評価 上の規模	
① 敷地前面海域の断層群	42 km	M7.6	46 km 間を断層 群*1でケース検討	M7 程度	d*2
	130km 360km	M8 もしくは それ以上			b*3
② 五反田断層	2km*4	M6.8*6	—	—	c
③ F-21 断層	(8.9km)*5	M6.8*6	—*7	—	(a)*8

- ※1 文章中の「従来の活断層評価が変更となった考え方のポイント」の記号を示す。
- ※2 震源断層が北傾斜30度である可能性も考慮。
- ※3 平成15年の地震調査研究推進本部による評価を踏まえ、全長130km、360kmの断層帯において破壊が伝播することを評価済み。
- ※4 浸食地形と推定されるものの、変動地形学的観点から後期更新世以降の活動を確実には否定できないため、安全評価上考慮することとし、地震動評価上は20kmと設定。
- ※5 解析・評価中のため、3号炉評価時の長さを()付で表記。地震動評価上は20kmと設定。
- ※6 「中越沖地震を踏まえ反映すべき事項」（平成19年12月27日、原子力安全・保安院）に基づき、マグニチュード6.8相当の地震規模を設定。
- ※7 断層長さは8.9kmであるが、5万年前以降の活動がないことから耐震設計上考慮すべき活断層でないと評価。
- ※8 最新活動時期の評価も含め、解析・評価中であり()付で表記。



【図-1 新耐震指針に照らした耐震安全性評価において考慮する断層】

5. 基準地震動 Ss の策定

5.1 敷地に特に大きな影響を及ぼす「検用地震」の選定

敷地周辺の地震発生様式や、過去の地震発生状況、活断層の調査結果さらには他機関による活断層評価を踏まえ検用地震を選定する際、隣接する活断層において破壊が伝播することを考慮した地震動評価を行うとともに、変動地形学的観点から活断層が推定される場合は安全側に震源を設定しました。

これらの検討の結果、内陸地殻内地震においては、敷地前面海域の断層群を含む中央構造線断層帯による地震が、五反田断層やF-21断層による地震など、他の敷地周辺の断層による地震と比較して、敷地により大きな影響を与えることを確認しました。さらに他機関による中央構造線断層帯の活動区間を考慮した検討を行い、断層長さが長くなっても敷地への影響が変わらないことから内陸地殻内地震の検用地震として敷地前面海域の断層群による地震を選定しました。

同様に、プレート間地震および海洋プレート内地震についても過去の地震発生や他機関による評価を踏まえ検用地震を選定しました。

- ・内陸地殻内地震：敷地前面海域の断層群による地震 (L=42km)
- ・プレート間地震：想定南海地震 (中央防災会議による想定南海地震 M8.6)
- ・海洋プレート内地震：想定敷地下方のスラブ内地震 (M7.0)

5.2 応答スペクトルに基づく地震動評価

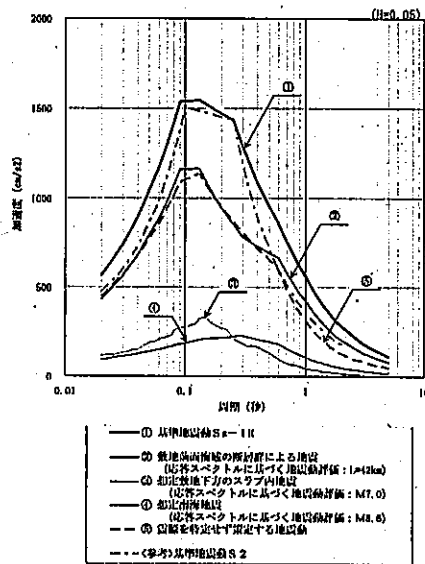
(1) 「震源を特定して策定する地震動」

検用地震で選定した地震による地震動の応答スペクトルを包絡するよう「基準地震動 Ss-1H」(最大加速度振幅 570ガル)を策定しました。

(2) 「震源を特定せず策定する地震動」

敷地周辺において震源を事前に特定できない地震の最大規模は、加藤ほか(2004)が「震源を事前に特定できない地震による水平動の地震動レベル」を提案する際に基づいた地震規模M6.8と同程度以下と推定されるため、敷地の地盤物性を考慮し、加藤ほか(2004)が提案した地震基盤における地震動レベルを、震源を特定せず策定する地震動として設定しました。

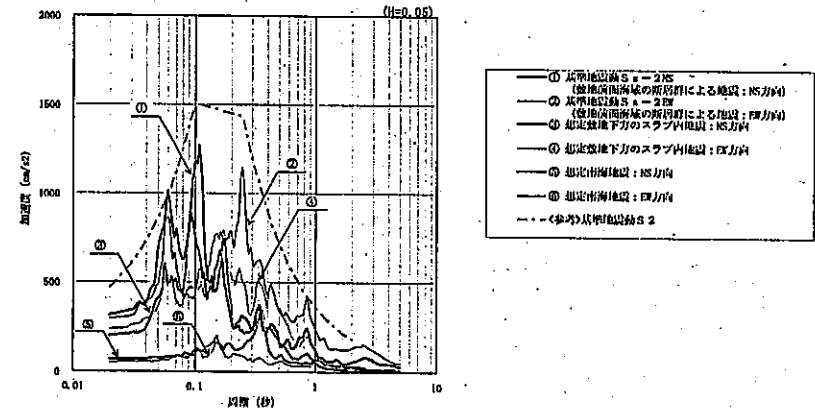
その結果「基準地震動 Ss-1H」は、この「震源を特定せず策定する地震動」を十分上回る結果となることから、基準地震動 Ss-1H で代表させることとしました。(図-2)



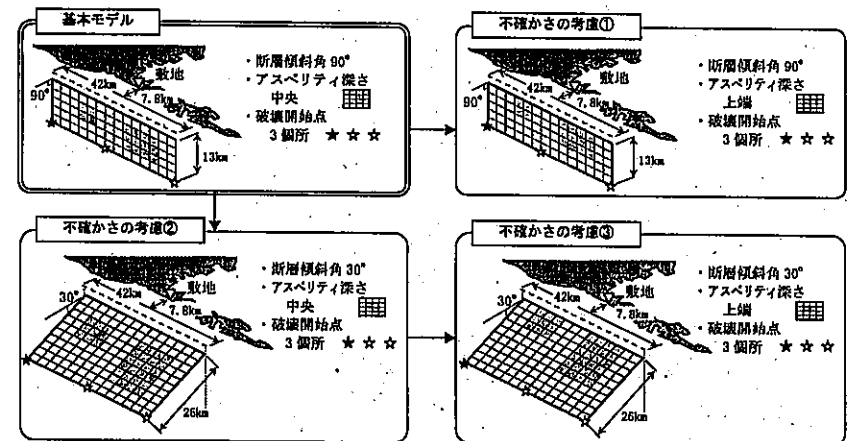
【図-2 応答スペクトルに基づく地震動評価】

5.3 断層モデルを用いた手法による地震動評価

検用地震で選定した地震について破壊過程や地震動の伝播特性が適切に評価できる断層モデル手法を用いて評価を行いました。評価にあたってはアスペリティ(震源断層面内で地震時に大きなゆれを発生させる場所)の位置を震源敷地に近づけるなど、不確かさについても考慮しました。(図-3, 4)



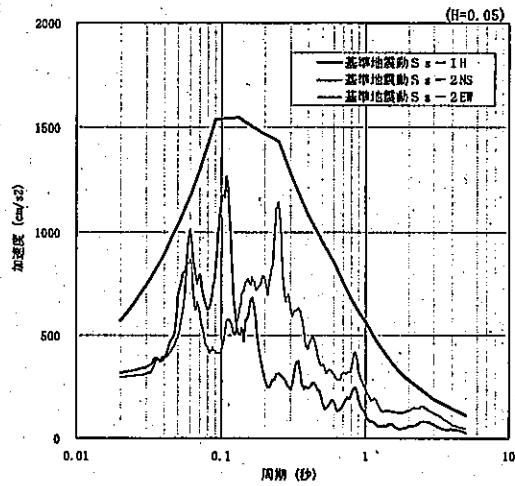
【図-3 断層モデルを用いた手法による地震動評価】



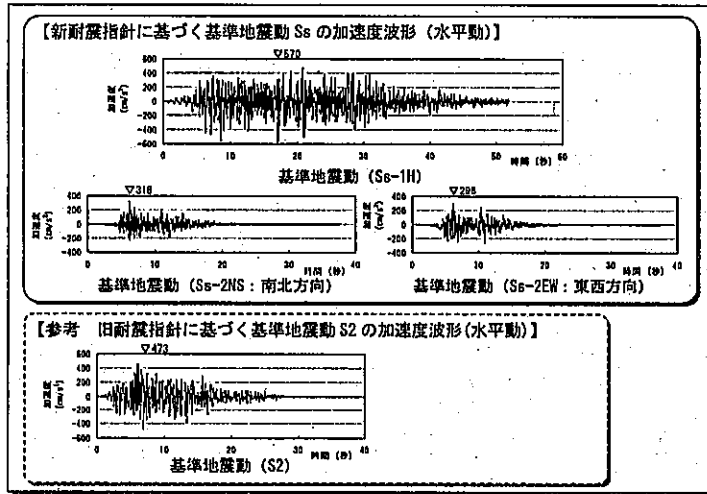
【図-4 不確かさの考慮について】
(敷地前面海域の断層群による地震)

5.4 基準地震動 S_s の策定のまとめ

応答スペクトルに基づく手法により設定した「基準地震動 S_s-1H (570 ガル)」に加え、断層モデルを用いた手法により「基準地震動 S_s-2NS, S_s-2EW」を設定しました。(図-5, 6)



【図-5 策定した基準地震動の応答スペクトル (水平動)】



【図-6 基準地震動の加速度波形 (水平動)】

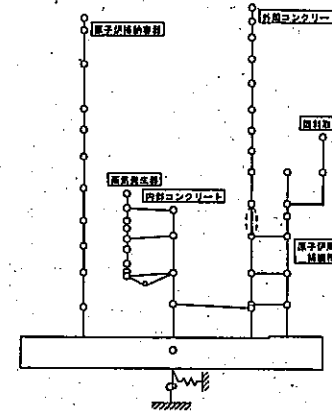
6. 施設等の耐震安全性評価

6.1 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

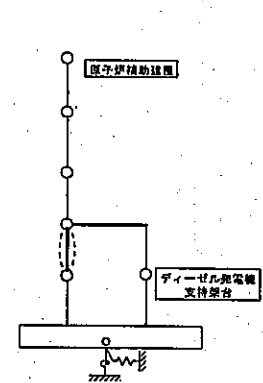
耐震 S クラスの施設を内包する原子炉建屋および原子炉補助建屋について、地震応答解析モデル(図-7, 8)を設定し、基準地震動 S_s による地震応答解析を実施しました。

耐震安全性の評価にあたっては、建屋全体の健全性を確認する観点から、地震応答解析の結果による耐震壁のせん断ひずみを評価しました。

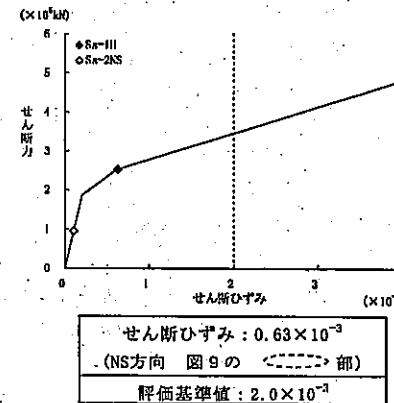
評価の結果、耐震壁の最大せん断ひずみは評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。(図-9, 10)



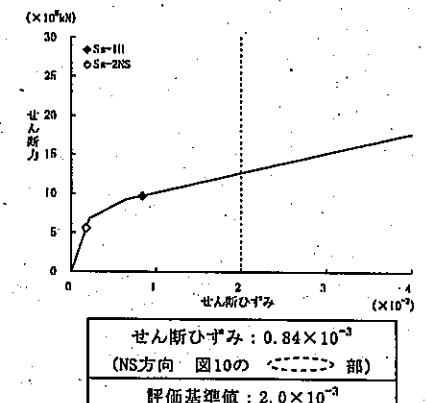
【図-7 原子炉建屋 (モデル図)】



【図-8 原子炉補助建屋 (モデル図)】



【図-9 耐震壁のせん断ひずみ (原子炉建屋)】



【図-10 耐震壁のせん断ひずみ (原子炉補助建屋)】

6.2 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

評価は、以下に示す3号機の原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」といった安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な設備に対して実施しました。

- ①炉内構造物
- ②制御棒（挿入性）
- ③蒸気発生器
- ④一次冷却材管
- ⑤余熱除去ポンプ
- ⑥余熱除去設備配管
- ⑦原子炉容器
- ⑧原子炉格納容器

基準地震動 S_s による応答解析を行い、その結果求められた発生値（または制御棒の挿入時間）を評価基準値と比較することによって、構造強度評価、動的機能維持評価を行いました。

ここで評価基準値とは、構造強度評価の場合は材料毎に定められた許容応力等、動的機能維持評価（制御棒の挿入性）の場合は安全評価の解析条件等を踏まえて設定された規定時間のことを言います。

評価の結果、発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。（表-2、3）

【表-2 構造強度評価結果】

構造強度評価	区分	評価対象設備	評価部位	単位	発生値 ^{※1}	評価基準値 (許容値)
	止める	炉内構造物	炉心さう	応力[N/mm ²]	88	391
冷やす	蒸気発生器	支持構造物	応力[N/mm ²]	55	79	
	一次冷却材管	本 体	応力[N/mm ²]	118	348	
	余熱除去ポンプ	基礎ボルト	応力[N/mm ²]	1	210	
	余熱除去設備配管	本 体	応力[N/mm ²]	168	343	
閉じ込める	原子炉容器	支持構造物	応力[N/mm ²]	270	465	
	原子炉格納容器	本 体	応力[N/mm ²]	60	351	

※1 発生値は基準地震動 $S_s=1, 2$ によるものうち最も厳しいものを記載

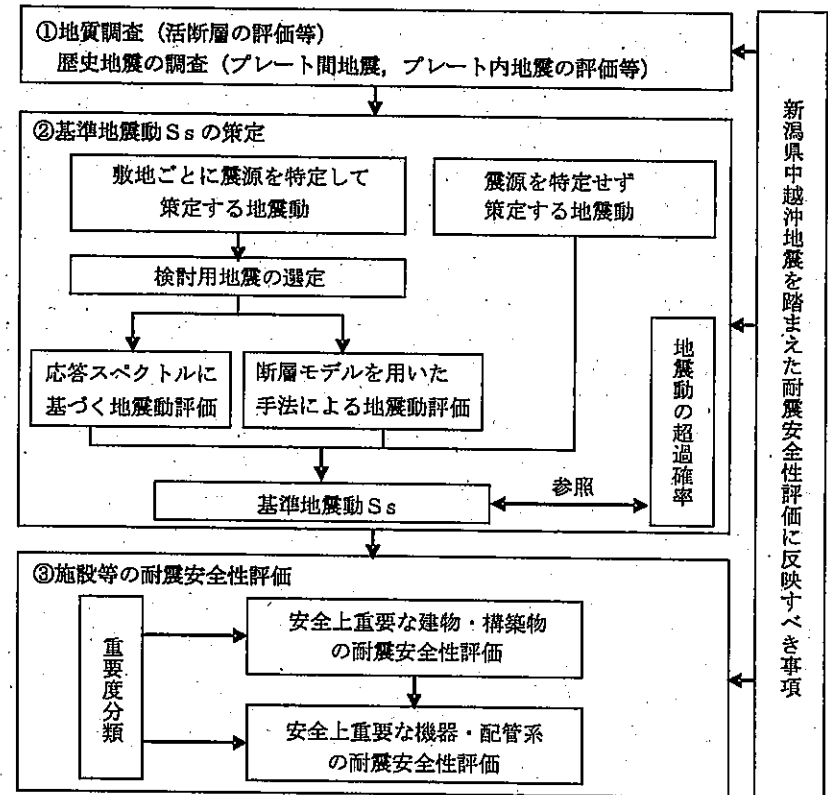
【表-3 動的機能維持評価結果】

動的機能維持評価	区分	評価対象設備	評価部位	単位	発生値 ^{※1}	評価基準値 (許容値)
	止める	制御棒（挿入性）	—	時間[秒]	2.03	2.50 ^{※2}

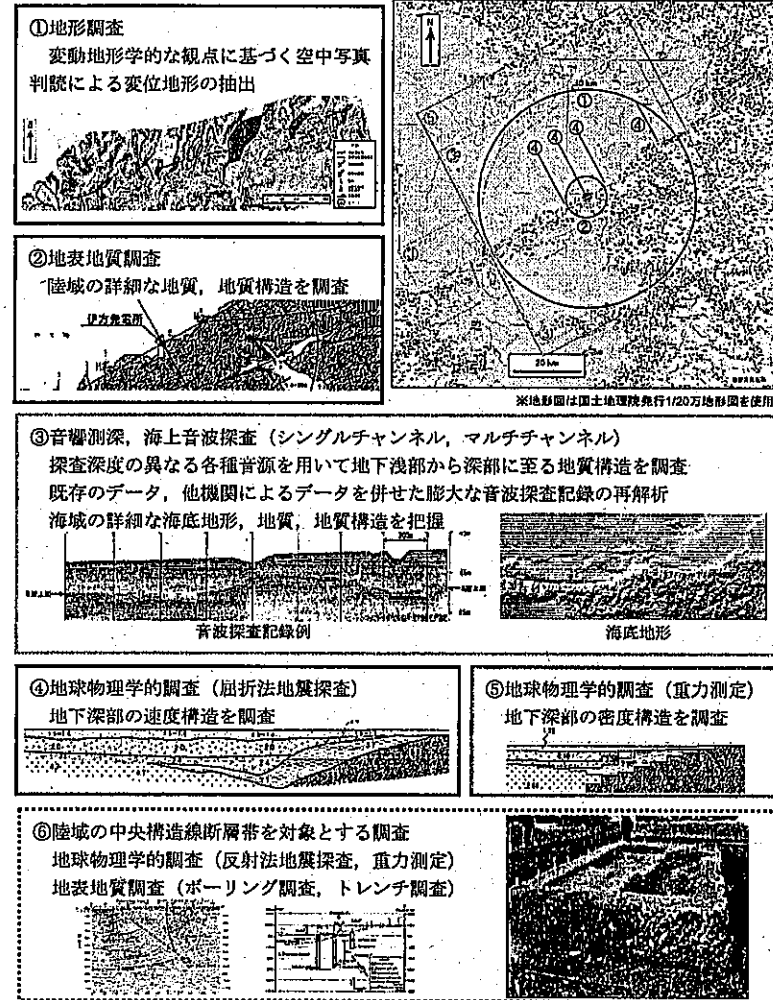
※1 発生値は基準地震動 $S_s=1, 2$ によるものうち最も厳しいものを記載

※2 安全評価の解析条件である制御棒クラスト落下開始から全ストロークの85%挿入までの時間2.2秒に電流遮断時から制御棒クラストの駆動軸が制御棒駆動装置のラッチを離れるまでの時間0.30秒を加えた2.50秒を制御棒挿入性の評価における規定時間とする。

【別紙-1】耐震安全性評価の流れ



【別紙-2】新耐震指針を踏まえた主な調査項目



泊発電所
「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う
耐震安全性評価結果 中間報告書の概要

1. はじめに

平成18年9月20日付けで原子力安全・保安院より、改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下、「新耐震指針」という。)に照らした耐震安全性の評価を実施するように求める文書が出され、当社は、泊発電所の耐震安全性評価を行ってきました。

その後、平成19年7月に新潟県中越沖地震が発生したことを踏まえ、経済産業省及び北海道から新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映し早期に評価を完了する旨の指示及び申し入れがあるとともに、平成19年12月27日には、原子力安全・保安院より、「新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項(中間取りまとめ)」の通知がありました。

これらを踏まえ、本日(平成20年3月31日)、これまで実施してきた耐震安全性評価に関する中間的な取りまとめとして、地質調査結果、基準地震動 S_s の策定結果及び泊発電所1号機の主要施設の評価結果について、国及び北海道に報告しました。中間報告の概要は以下のとおりです。

【中間報告のポイント】

- ① 新耐震指針に照らした各種地質調査を実施し、新耐震指針の趣旨等を踏まえ、活断層を保守的に評価しました。
- ② 活断層評価結果に基づき、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を考慮し基準地震動 S_s を保守的に策定しました。
- ③ 基準地震動 S_s により、泊発電所1号機の原子炉建屋及び原子炉補助建屋並びに安全上重要な機能を有する耐震 S クラスの主要な設備の代表部位について評価し、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ

耐震安全性評価の検討に先立ち、新耐震指針に照らした各種地質調査を実施し、この調査結果を用いて、基準地震動 S_s の策定を行い、建物・構築物や機器・配管系の耐震安全性評価を順次実施しております。

中間報告に係わる耐震安全性評価の流れは、別紙-1に示すとおりであり、「新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項」も踏まえ評価を行いました。

3. 地質調査の実施

新耐震指針を先取りし、平成18年8月から地質・地質構造の特徴を考慮し、地形学、地質学、地球物理学的な手法を組み合わせた地質調査を実施しました。新耐震指針を踏まえて実施した主な調査項目は、別紙-2のとおりです。

4. 活断層の評価

活断層評価にあたっては、既存の調査結果及び今回の調査結果を基に「新耐震指針」及び「新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項」における活断層評価の考え方や趣旨を踏まえ、保守的に評価を行いました。

従来の活断層評価が変更となった考え方のポイントは以下のとおりです。

- イ) 変動地形学的観点からの地形調査等の新耐震指針で追加された調査結果を反映しました。
- ロ) 地形の侵食・堆積作用等により、断層が不明瞭又は断層の活動性に関するデータが得られにくい場合は、断層の活動性に関する不確かさ（断層の伏在等）を考慮した評価を実施しました。
- ハ) 泊3号炉設置変更許可以降の文献、知見を考慮し、地質調査範囲を追加したことにより評価を記載しました。
- ニ) 新耐震指針により、活断層の評価対象期間が5万年前以降から後期更新世以降（約13万年前～約12万年前以降）に変更となったことと、当該海域の地層年代評価の不確かさを考慮してより古い時代における断層活動の有無をもとに断層の活動を保守的に評価しました。
- ホ) 地質構造の連続性を考慮し、複数の断層が連続する可能性を考慮しました。

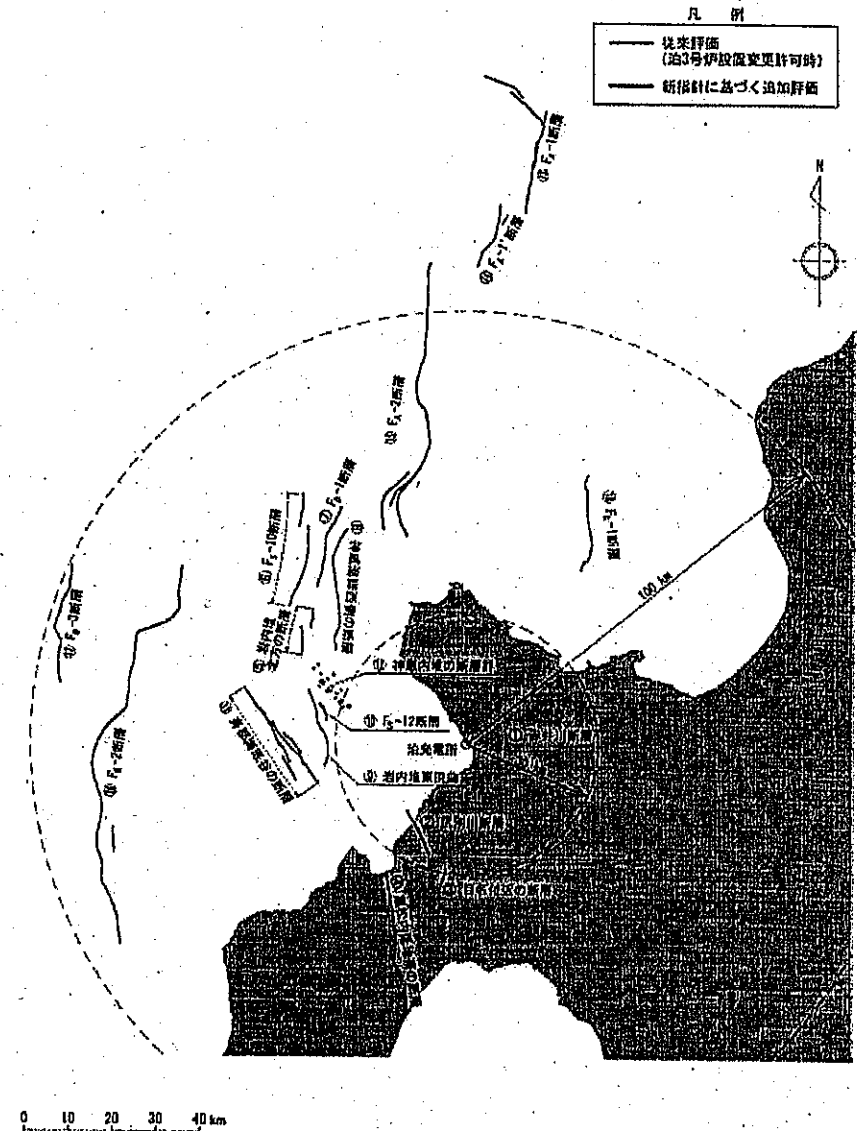
	新耐震指針による評価			旧指針による評価		変更理由 (注1)
	断層名	断層長さ	マグニチュード M	泊3号炉原子炉設置変更 許可申請における長さ	マグニチュード M	
陸域	① 赤井川断層	5 km	7.0 (注1)	4 km	5.8	イ
	② 尻別川断層	16 km	7.0 (注1)	—	—	ロ
	③ 目名付近の断層	5 km	7.0 (注1)	— (注2)	—	ハ
	④ 黒松内低地帯の断層	39 km	7.5	35 km	7.4	ロ
海域	⑤ 岩内堆北方の断層	13 km	7.0 (注1)	13 km	6.7	変更無し
	⑥ F _S -10 断層	30 km	7.3	30 km	7.3	変更無し
	⑦ F _A -1 断層	24.1 km	7.1	24.1 km	7.1	変更無し
	⑧ 神威海脚西側の断層	31.5 km	7.3	31.5 km	7.3	変更無し
	⑨ 岩内堆東縁曲	23.7 km	7.1	23.7 km	7.1	変更無し
	⑩ F _S -12 断層	6.7 km	7.0 (注1)	6.7 km	6.2	変更無し
	⑪ 寿都海成谷の断層	32 km	7.3	32 km	7.3	変更無し
	⑫ 神威内堆の断層群	—	7.0 (注1)	— (注2)	—	変更無し
	⑬ F _A -1 断層	41 km	7.5	14 km	6.7	ニ
	⑭ F _A -1' 断層	17 km	7.0 (注1)	— (注2)	—	ニ
	⑮ F _A -2 断層	65 km	7.9	—	—	ニ
	⑯ F _A -2 断層	101 km	8.2	F _A -1 断層： 20km	7.0	ニ、ホ
				F _A -2 北断層： 15km	6.8	
				神威沖西側断層： 51km	7.7	
	⑰ F _A -3 断層	45 km	7.6	45 km	7.6	変更無し
⑱ F _C -1 断層	27 km	7.2	27 km	7.2	変更無し	

※1 地質構造から認められる断層長さは短いですが、安全評価上、地震動評価ではM7.0を考慮

※2 規模と敷地までの距離から敷地に影響を与えるものではないと評価

※3 従来の活断層評価が変更となった考え方のポイントの記号を示す

新耐震指針に照らした耐震安全性評価において考慮する断層



5. 基準地震動 S_s の策定

5.1 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」

(1) 敷地に特に大きな影響を及ぼす地震から「検討用地震」を選定

活断層調査結果を踏まえ、地震動を策定する際にも保守的な評価を行いました。

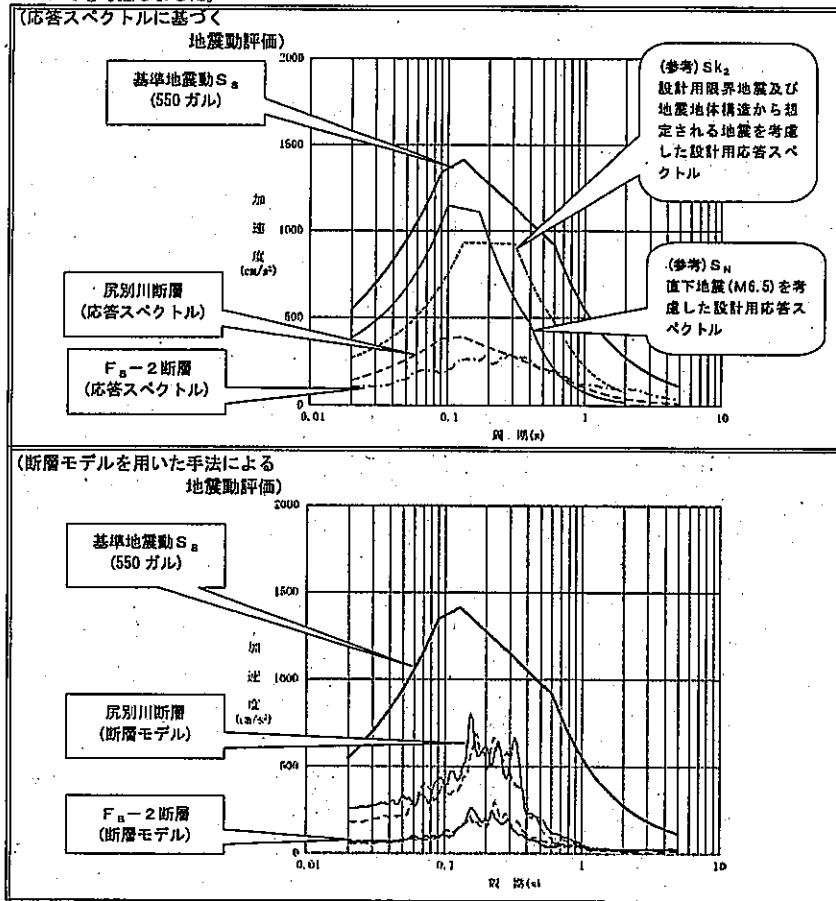
具体的には、赤井川断層等のように、地表において少しでも活断層が確認された場合は、M7.0 相当の地震を越すものとして評価しました。

全ての考慮すべき活断層及び被害地震を比較検討した結果、②「尻別川断層による地震」(M7.0、断層長さ 16km、震央距離 22km) 及び③「 F_1-2 断層による地震」(M8.2、断層長さ 101km、震央距離 85km) が、泊発電所に特に影響が大きいため、これらを検討用地震としました。

(2) 地震動評価

上記で選定した検討用地震について「応答スペクトルに基づく地震動評価」及び「断層モデルを用いた手法による地震動評価」を実施しました。

なお、断層モデルの設定においては、最新の知見や調査結果等を反映し、更にアスペリティ(震源域のうち地震時に特に大きな揺れを発生させる場所)の位置を泊発電所の敷地に近づける等、不確かさについても考慮しました。



5.2 「震源を特定せず策定する地震動」

各種調査結果等によれば、敷地近傍には耐震設計上考慮する活断層は認められないことから、直下で大規模な地震が発生することはないと考えられます。

地震調査委員会の考え方を踏まえた検討に基づく、泊発電所を含む領域で活断層が特定されていない場所で発生する地震の最大マグニチュードは、M6.5程度と考えられます。

これらを踏まえ、「震源を特定せず策定する地震動」は、加藤ほか(2004)^(*)に基づいて、敷地における地盤特性を考慮して評価しました。(450ガル)

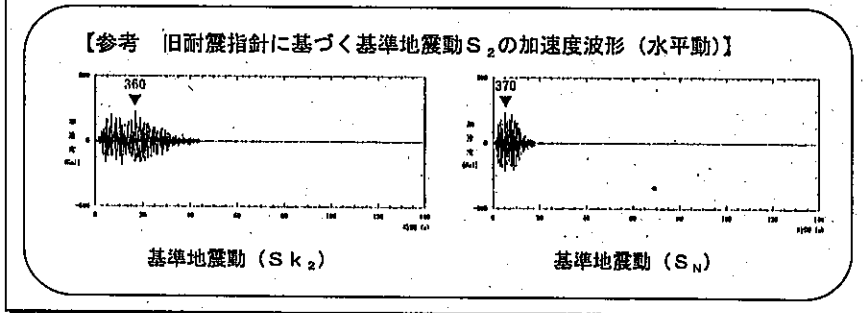
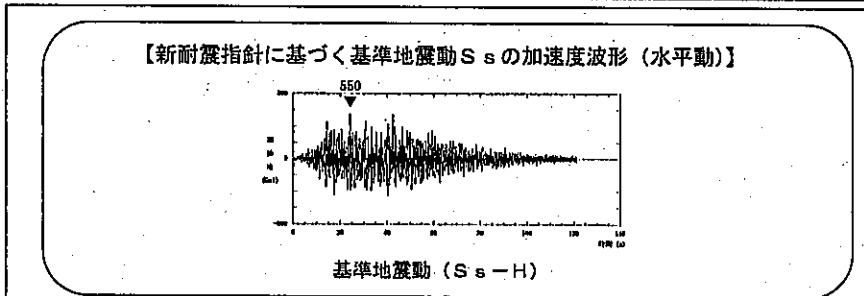
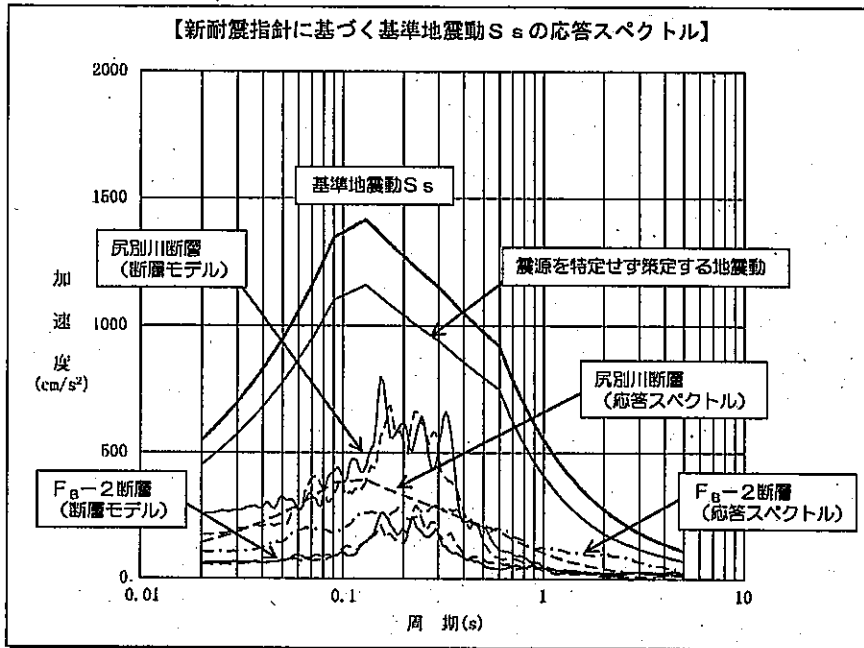
加藤ほか(2004)は、詳細な地質学的調査によっても、震源位置と震源規模を予め特定できない地震の強震記録に基づいて評価式を提案しており、この中では、M6.5を上回る規模の地震を検討対象に加えていることから「震源を特定せず策定する地震動」のレベルは、敷地周辺の地域性を適切に考慮したものであると考えます。

なお、下記に示しますとおり、基準地震動 S_s は、「震源を特定せず策定する地震動」を上回るように設定しています。

5.3 基準地震動 S_s の策定のまとめ

上記の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」で評価した地震動に、更に余裕を考慮して、基準地震動 S_s (650ガル) を策定しました。

※ 加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大榮・上田圭一・道一男(2004): 震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベル—地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討—, 日本地震工学会論文集, 第4巻, 第4号, 46-86



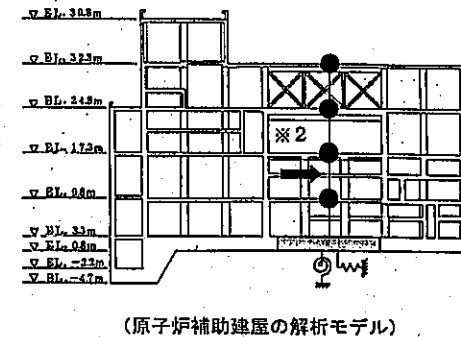
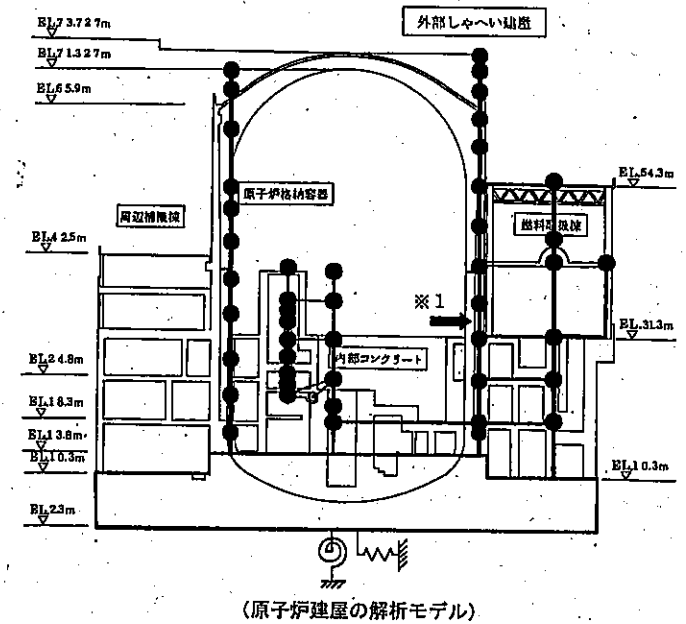
6. 施設等の耐震安全性評価

6.1 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

泊発電所1号機の原子炉建屋及び原子炉補助建屋の評価にあたっては、建屋全体の健全性を確認する観点から、基準地震動 S_s による地震応答解析を実施し、耐震壁のせん断ひずみを評価しました。

評価の結果、原子炉建屋及び原子炉補助建屋ともに、耐震壁の最大応答せん断ひずみは、評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

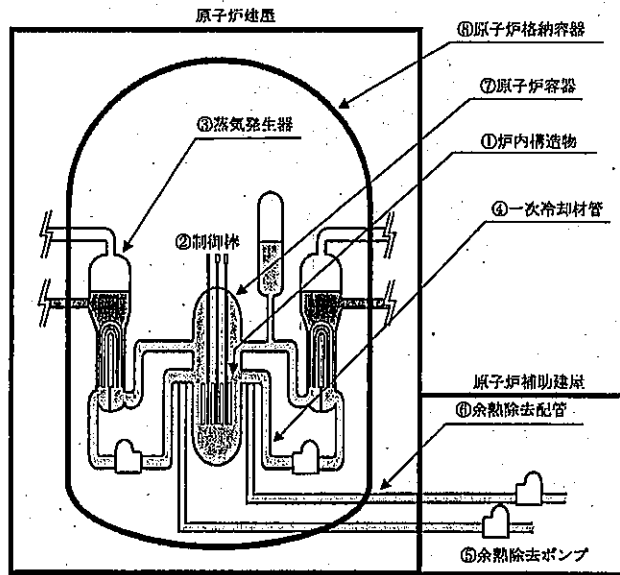
	対象部位	最大応答せん断ひずみ	評価基準値
原子炉建屋 (外部しゃへい建屋)	耐震壁 (EW方向, EL. 31.3m) ※1	0.80×10^{-3}	2.0×10^{-3}
原子炉補助建屋	耐震壁 (NS方向, EL. 9.8m) ※2	0.28×10^{-3}	2.0×10^{-3}



6.2 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

【評価対象】

泊発電所1号機の原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」といった安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な設備に対して評価を実施しました。



【評価結果】

基準地震動 S_s による応答解析を行い、その結果求められた発生値（または制御棒の挿入時間）を評価基準値と比較することによって構造強度評価、動的機能維持評価を行いました。

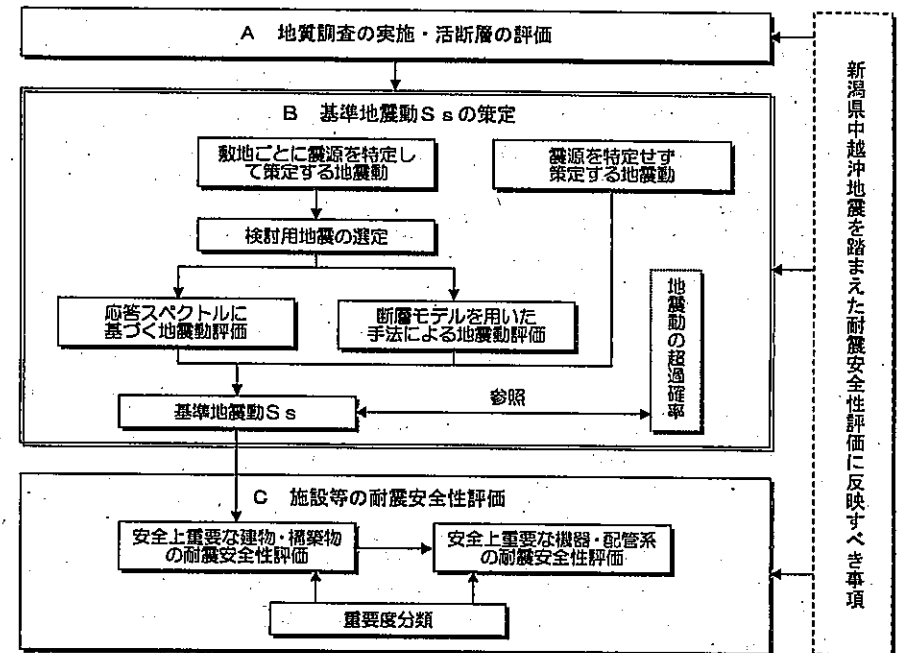
ここで、評価基準とは、構造強度評価の場合は材料毎に定められた許容応力等、動的機能維持評価（制御棒の挿入性）の場合は安全評価の解析条件等を踏まえて設定された規定時間のことを言います。

評価の結果、発生値は評価基準を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

区分	設備	評価部位	単位	発生値	評価基準値 (許容値)
止める	①炉内構造物	炉心そう	応力 (MPa)	65	391
	②制御棒 (挿入性)	—	時間 (秒)	1.87	2.10
冷やす	③蒸気発生器	支持構造物	応力 (MPa)	176	367
	④一次冷却材管	本体	応力 (MPa)	116	355
	⑤余熱除去ポンプ	取付ボルト	応力 (MPa)	3	210
	⑥余熱除去配管	本体	応力 (MPa)	199	361
閉じ 込める	⑦原子炉容器	支持構造物	応力 (MPa)	157	465
	⑧原子炉格納容器	本体	応力 (MPa)	112	351

以上

【別紙-1】 中間報告に係わる耐震安全性評価の流れ



主な地質調査の項目

1. 文献調査

2. 地形調査

- 変動地形学的な観点からの地形判読(空中写真判読)の実施

3. 地表地質踏査

- 表土はぎ、露頭観察による直接的な地質の確認を実施
- 地質試料採取・分析による地質分布・地質年代の確認を実施

4. ボーリング調査

- 地下の地質分布、地質構造の確認
- 地下の地質試料の採取を実施

5. 反射法地震探査

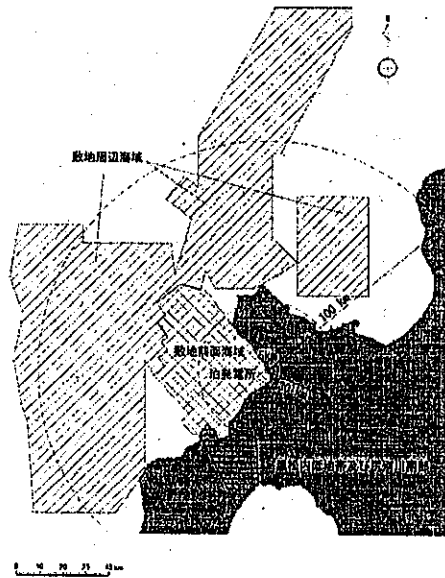
- 房別川周辺で、地下構造を把握するために探査を実施

6. 海上音波探査の追加実施

- 敷地から半径約5kmの範囲でマルチチャンネル音波探査を実施

7. 既存の海上音波探査記録の再解析

- 敷地前面海域(敷地から35km×50kmの海域)及び敷地周辺海域(敷地前面海域の外側の海域)における自社及び他機関で行った音波探査記録の再解析を実施



地質調査範囲(敷地から30kmの範囲及びその周辺)

福島第一原子力発電所および福島第二原子力発電所
「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う
耐震安全性評価結果 中間報告書の概要

1. はじめに

平成18年9月20日付けで原子力安全・保安院より、改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下「新耐震指針」という。)に照らした耐震安全性の評価を実施するよう求める文書が出され、当社は、福島第一原子力発電所および福島第二原子力発電所の耐震安全性評価を行ってきました。

また、平成19年7月には新潟県中越沖地震があり、経済産業大臣より、新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映し早期に評価を完了する旨の指示があるとともに、平成19年12月27日には、原子力安全・保安院より、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項(中間取りまとめ)の通知がありました。

これらを踏まえ、本日平成20年3月31日、地質調査結果、基準地震動 S_s の策定結果、福島第一原子力発電所5号機および福島第二原子力発電所4号機における主要施設の評価結果など、これまで実施してきた耐震安全性評価に関する中間報告をとりまとめ、国に提出いたしました。中間報告の概要は以下のとおりです。

なお、基礎地盤の安定性および地震随伴事象(津波に対する安全性、周辺斜面の安定性)については、現在解析・評価を行っているところであり、最終報告において結果を示す予定です。

また、当社としてこれまで実施してきた耐震裕度向上工事を引き続き実施してまいります。

【中間報告のポイント】

- ① 新耐震指針に照らして、各種地質調査(変動地形学的調査、地表地質調査等)を実施し、活断層の長さ等を安全側に評価するとともに、プレート間地震および海洋プレート内地震について、不確かさを考慮した安全側の地震動評価を行いました。
- ② 基準地震動 S_s は、1938年に塩屋崎沖で発生した福島県東方沖地震(M7.5)とその余震等の一連の地震群が同時に発生すること、2003年宮城県沖の地震(M7.1)が敷地下方で発生することを想定するなど安全側に評価を行い、余裕をもたせて策定した結果、最大加速度600ガルといたしました。
- ③ 基準地震動 S_s に基づき、原子炉建屋や安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な設備等の耐震解析を実施し、耐震安全性が確保されていることを確認いたしました。

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ

耐震安全性評価の検討に先立ち、新耐震指針に照らした各種地質調査を実施し、この調査結果を用いて、新耐震指針に照らした基準地震動 S_s の策定を行い、建物・構築物や機器・配管系の耐震安全性評価を順次実施しました。

なお、新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れは、別紙-1のとおりであり、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項も踏まえ、評価を行います。

3. 地質調査の実施

既往の設置許可申請時等に実施した地質調査結果及び新耐震指針を先取りし平成18年6月から実施した地質調査結果を踏まえて活断層の評価を実施しました。主な調査項目は別紙-2のとおりです。

なお、現在取り組みを行っている地下探査、海上音波探査、地表地質調査、ボーリング調査結果については、最終報告に反映します。

4. 活断層の評価

活断層評価にあたっては、「新耐震指針」や「中越沖地震を踏まえ反映すべき事項」（平成19年12月27日、原子力安全・保安院）における活断層評価の考え方や趣旨を踏まえ、変動地形学的観点からの地形判読などを行い、また、設置許可以降の文献等も考慮しながら安全側に評価を行いました（表4-1、図4-1）。

従来の活断層評価が変更となった考え方のポイントは以下のとおりです。

1. 活断層評価対象期間が5万年から12~13万年前までに変更になったことによるもの
2. 文献調査に基づき地震地体構造上想定する地震として評価していたものを詳細な地質調査に基づき再評価したもの
3. 文献調査に基づき評価していたものを詳細な地質調査に基づき再評価したもの
4. 最新の文献調査等に基づく不確かさを考慮した安全側の評価によるもの

表4-1 新旧指針に基づいた活断層の評価

	新耐震指針における評価			旧耐震指針における評価		変更理由 ※1
	断層名	断層長さ	マグニチュード (M)	原子炉設置許可申請書に記載の断層長さ	マグニチュード (M)	
陸域	① 双葉断層	47.5km	7.6	18km	6.9	1・4
	② 福島盆地西縁断層帯	57 km	7.8	—	7.5※2	2・4
	③ 井戸沢断層	19.5 km	7.0	—※3	—	3

※1) 本文中の「従来の活断層評価が変更となった考え方のポイント」の記号を示す。

※2) 地震地体構造上想定する地震として、M7.5の地震を想定。

※3) 断層の長さや敷地からの距離を考慮すると敷地に与える影響は小さいと評価。

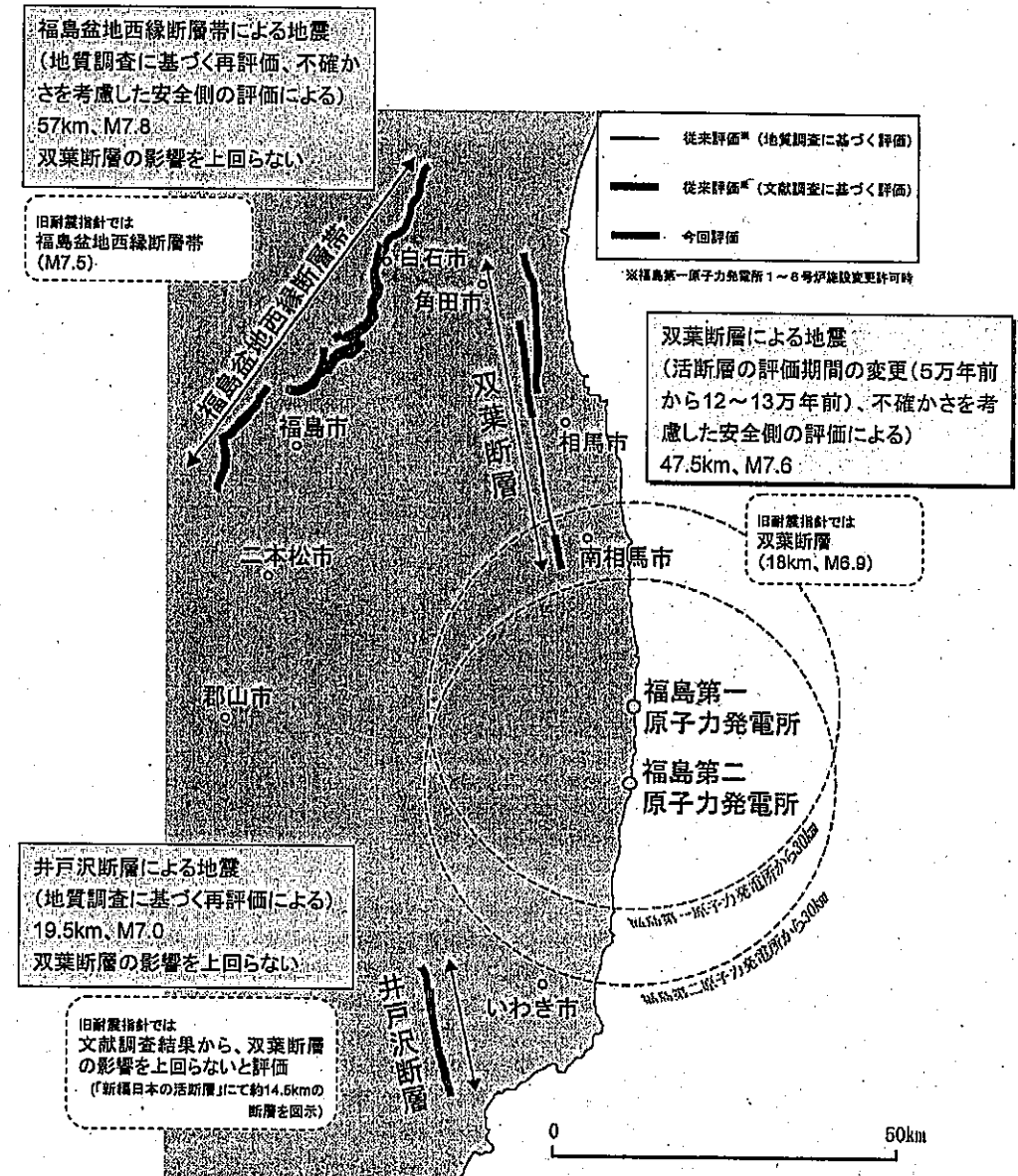


図4-1 新耐震指針に照らした耐震安全性評価において考慮する断層

5. 基準地震動 Ss の策定

5.1 検討用地震の選定

活断層調査結果や既往の研究成果を踏まえ、特に敷地に大きな影響を及ぼすと考えられる地震を地震発生様式ごとに検討用地震として選定しました(図5-1)。

- ・ 4.に記載したとおり、双葉断層について、地震調査研究推進本部による評価を踏まえ、その断層長さを従来の18kmから念のため47.5km(M7.6)として考慮しました。その結果、考慮すべき活断層による内陸地殻内地震の中で、双葉断層による地震が最も発電所に影響が大きいことから、これを検討用地震として選定しました。
- ・ プレート間地震については、1938年に発電所の敷地沖合で発生した福島県東方沖地震をはじめとする一連の地震(以下、塩屋崎沖地震群)のうち、敷地への影響が最も大きい塩屋崎沖の地震②(1938年福島県東方沖地震、M7.5)と塩屋崎沖の地震③(M7.3)を検討用地震として選定しました。
- ・ 海洋プレート内地震については、現時点で具体的な発生位置の特定が困難なことから、2003年宮城県沖の地震(M7.1)の震源を敷地下方の海洋プレート内に想定し、これを検討用地震として選定しました。

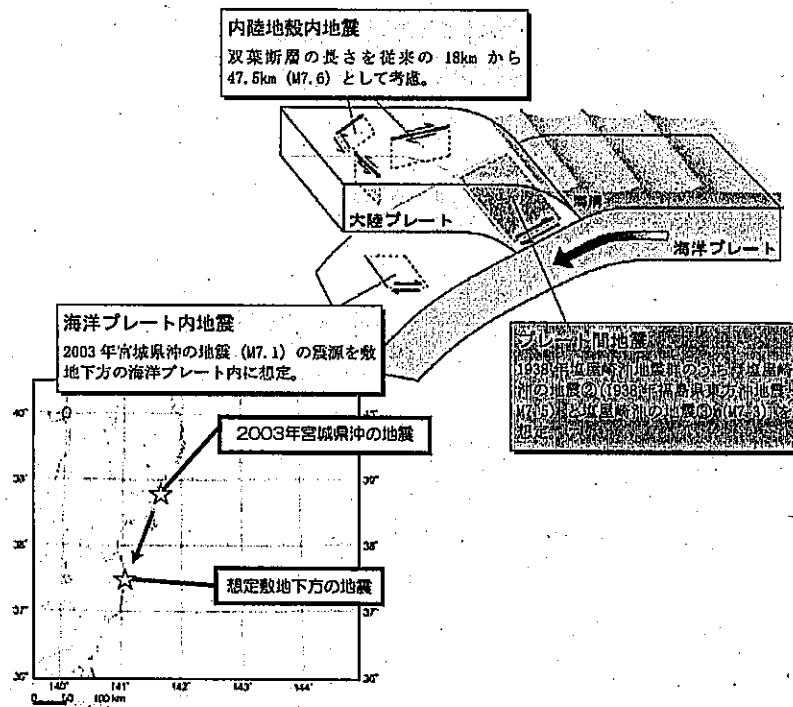


図5-1 地震発生様式ごとの検討用地震の選定

5.2 検討用地震の地震動評価

選定した検討用地震について、応答スペクトルに基づく地震動評価および断層モデルを用いた手法による地震動評価をそれぞれ実施しました。なお、評価にあたっては、地震の発生様式に応じた地震動特性や、敷地地盤の振動特性を考慮しています。

また、この地震動評価にあたっては、その評価結果に及ぼす影響が大きいと考えられる震源要素(震源の位置・規模など)を選定し、その不確かさを適切に考慮することで、安全側な評価を実施しています。

このうちプレート間地震については、検討用地震として選定した塩屋崎沖の地震②(M7.5)と塩屋崎沖の地震③(M7.3)の地震動評価に加え、不確かさを考慮して①から③の一連の塩屋崎沖地震群が連動するケースを仮想塩屋崎沖の地震(M7.9)として設定し、その地震動を評価しました(図5-2)。

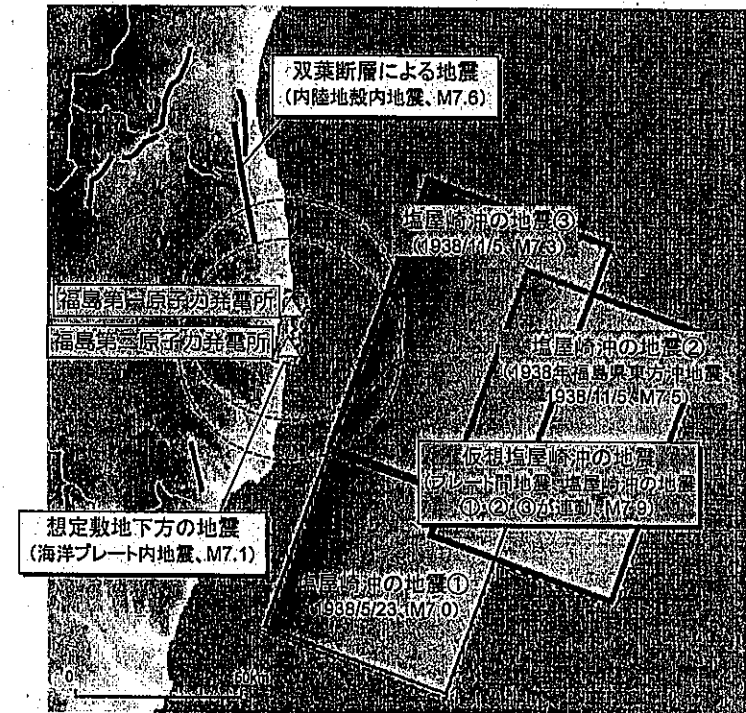


図5-2 検討用地震と仮想塩屋崎沖の地震

5.3 「震源を特定せず策定する地震動」

新耐震指針に基づき、「震源を特定せず策定する地震動」を基準地震動の策定において考慮しました。「震源を特定せず策定する地震動」としては、詳細な地質学的調査によっても震源位置と地震規模を予め特定できない地震による震源近傍の岩盤上の強震記録に基づき、解放基盤表面上の応答スペクトルが提案されており、敷地周辺の地域性を考慮した上でも妥当なものと考えられることから、これを採用しました。

5.4 基準地震動 Ss の策定のまとめ

5.4.1 福島第一原子力発電所

地震動評価結果に基づき、以下の通り3種類の基準地震動 Ss を策定しました(図5-3、4)。

- ・基準地震動 Ss-1(最大加速度 450 ガル)：内陸地殻内地震・プレート間地震の評価結果を上回るように設定
- ・基準地震動 Ss-2(最大加速度 600 ガル)：海洋プレート内地震の評価結果を上回るように設定
- ・基準地震動 Ss-3(最大加速度 450 ガル)：震源を特定せず策定する地震動

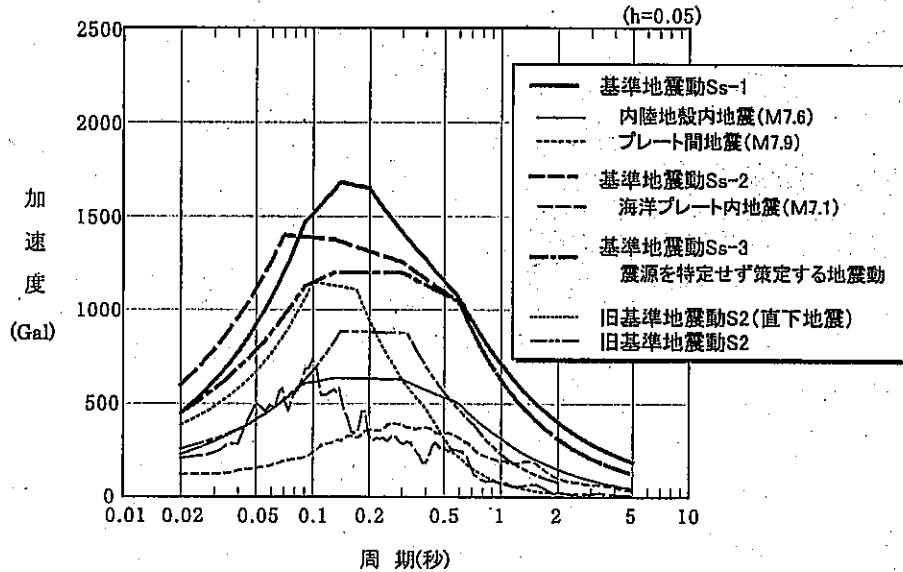
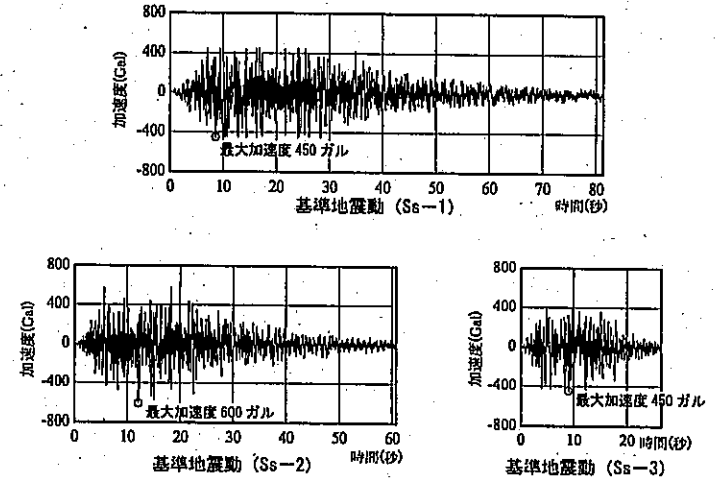


図5-3 策定した3種類の基準地震動の応答スペクトル(水平動)

【新耐震指針に基づく基準地震動 Ss の加速度波形(水平動)】



【参考 旧耐震指針に基づく基準地震動 S2 の加速度波形(水平動)】

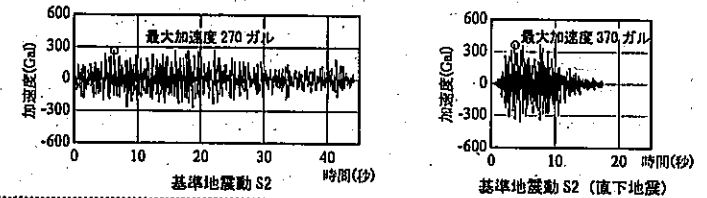


図5-4 福島第一原子力発電所における基準地震動の加速度波形(水平動)

5.4.2 福島第二原子力発電所

地震動評価結果に基づき、以下の通り3種類の基準地震動 S_s を策定しました(図5-5、6)。

- ・基準地震動 S_s-1 (最大加速度 450 ガル)：内陸地殻内地震・プレート間地震の評価結果を上回るように設定
- ・基準地震動 S_s-2 (最大加速度 600 ガル)：海洋プレート内地震の評価結果を上回るように設定
- ・基準地震動 S_s-3 (最大加速度 450 ガル)：震源を特定せず策定する地震動

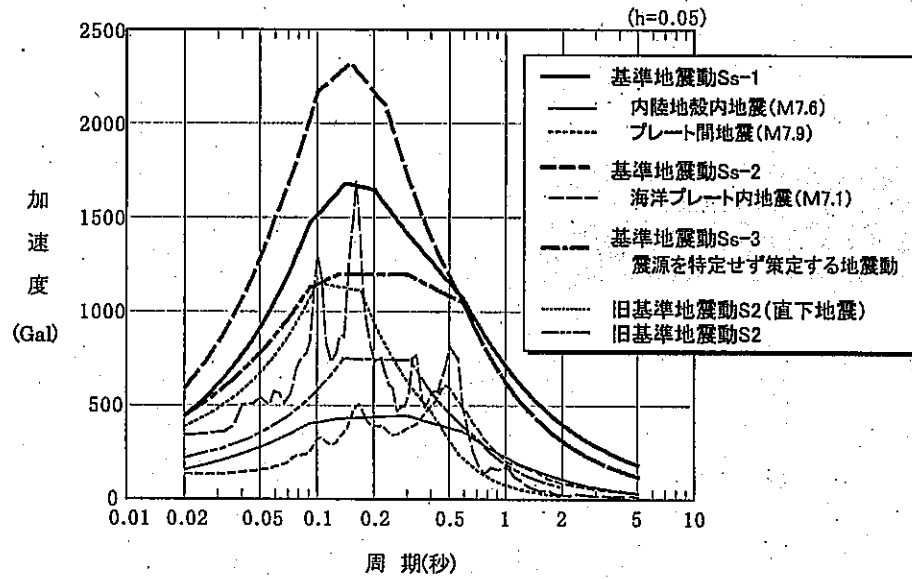
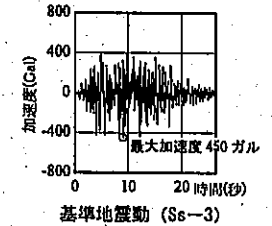
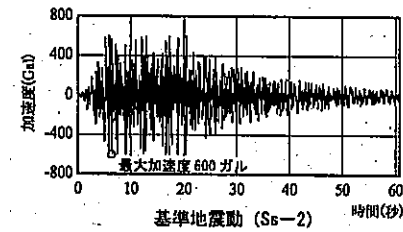
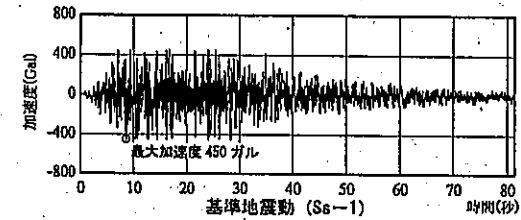


図5-5 策定した3種類の基準地震動の応答スペクトル(水平動)

【新耐震指針に基づく基準地震動 S_s の加速度波形(水平動)】



【参考 旧耐震指針に基づく基準地震動 S_2 の加速度波形(水平動)】

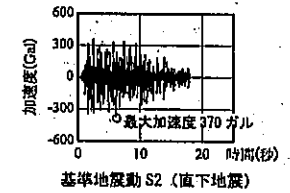
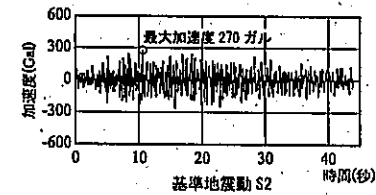


図5-6 福島第二原子力発電所における基準地震動の加速度波形(水平動)

6. 施設等の耐震安全性評価

6.1 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

6.1.1 福島第一原子力発電所

福島第一原子力発電所5号機原子炉建屋の耐震安全性の評価にあたっては、建屋全体の健全性を確認する観点から、地震応答解析の結果による耐震壁のせん断ひずみを評価しました。

建物・構築物の耐震安全性の評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析（時刻歴応答解析法）によることとし、建物・構築物や地盤の特性を適切に表現できるモデル（図6-1）を設定した上で実施しました。

評価の結果、耐震壁の最大せん断ひずみは評価基準値（ 2.0×10^{-3} ）を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました（図6-2、3 表6-1、2）。

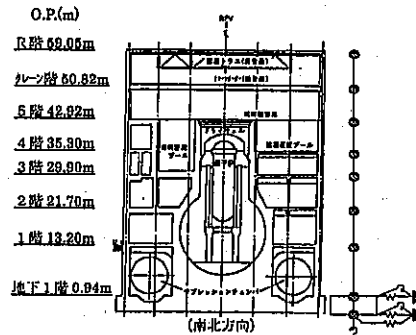


図6-1 原子炉建屋（モデル図）

6.1.2 福島第二原子力発電所

福島第二原子力発電所4号機原子炉建屋の耐震安全性の評価にあたっては、建屋全体の健全性を確認する観点から、地震応答解析の結果による耐震壁のせん断ひずみを評価しました。

建物・構築物の耐震安全性の評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析（時刻歴応答解析法）によることとし、建物・構築物や地盤の特性を適切に表現できるモデル（図6-4）を設定した上で実施しました。

評価の結果、耐震壁の最大せん断ひずみは評価基準値（ 2.0×10^{-3} ）を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました（図6-5、6 表6-3、4）。

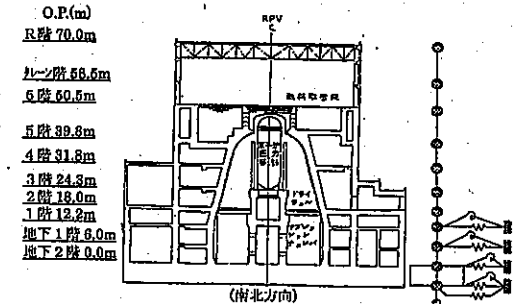


図6-4 原子炉建屋（モデル図）

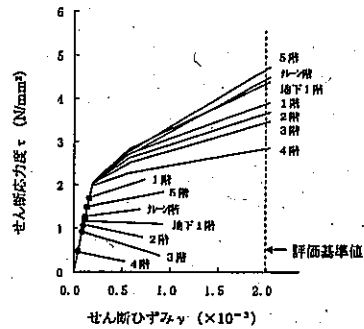


図6-2 耐震壁のせん断ひずみ (Ss-2 南北方向)

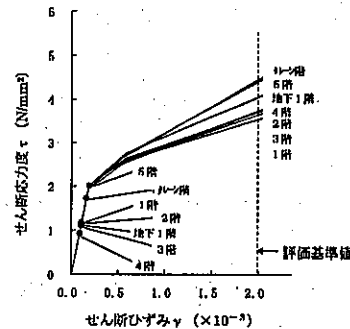


図6-3 耐震壁のせん断ひずみ (Ss-1 東西方向)

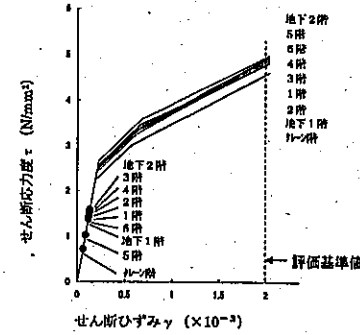


図6-5 耐震壁のせん断ひずみ (Ss-1 南北方向)

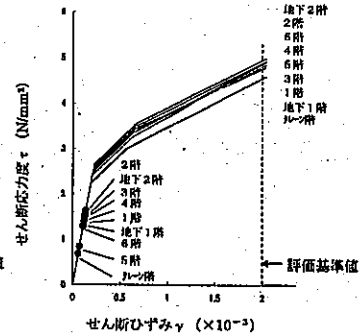


図6-6 耐震壁のせん断ひずみ (Ss-1 東西方向)

表6-1 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (南北方向) ($\times 10^{-3}$)

階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	評価基準値
クレーン階	0.12	0.12	0.10	2.0 以下
5階	0.14	0.14	0.12	
4階	0.05	0.05	0.04	
3階	0.09	0.09	0.08	
2階	0.10	0.10	0.09	
1階	0.15	0.16	0.13	
地下1階	0.11	0.11	0.09	

*網掛け部は最大せん断ひずみ

表6-2 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (東西方向) ($\times 10^{-3}$)

階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	評価基準値
クレーン階	0.16	0.16	0.14	2.0 以下
5階	0.19	0.18	0.16	
4階	0.09	0.08	0.07	
3階	0.11	0.11	0.09	
2階	0.11	0.12	0.10	
1階	0.11	0.12	0.10	
地下1階	0.11	0.11	0.09	

*網掛け部は最大せん断ひずみ

表6-3 耐震壁のせん断ひずみ一覧

(南北方向) ($\times 10^{-3}$)

階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	評価基準値
クレーン階	0.06	0.07	0.05	2.0 以下
6階	0.12	0.13	0.10	
5階	0.09	0.09	0.07	
4階	0.13	0.13	0.10	
3階	0.13	0.13	0.11	
2階	0.13	0.12	0.11	
1階	0.12	0.11	0.11	
地下1階	0.12	0.11	0.11	
地下2階	0.14	0.13	0.12	

*網掛け部は最大せん断ひずみ

表6-4 耐震壁のせん断ひずみ一覧

(東西方向) ($\times 10^{-3}$)

階	Ss-1	Ss-2	Ss-3	評価基準値
クレーン階	0.06	0.07	0.05	2.0 以下
6階	0.11	0.12	0.09	
5階	0.07	0.07	0.06	
4階	0.13	0.13	0.11	
3階	0.13	0.12	0.11	
2階	0.14	0.13	0.12	
1階	0.12	0.11	0.11	
地下1階	0.12	0.11	0.11	
地下2階	0.14	0.13	0.12	

*網掛け部は最大せん断ひずみ

6.2 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

6.2.1 福島第一原子力発電所

評価は、以下に示す福島第一原子力発電所5号機の原子炉を「止める」「冷やす」放射性物質を「閉じ込める」といった安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な設備に対して実施しました。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ①炉心支持構造物 | ②制御棒（挿入性） | ③残留熱除去ポンプ |
| ④残留熱除去系配管 | ⑤原子炉圧力容器 | ⑥主蒸気系配管 |
| ⑦原子炉格納容器 | | |

基準地震動 S_s による応答解析を行い、その結果求められた発生値（または応答加速度）を評価基準値と比較することによって構造強度評価、動的機能維持評価を行いました。

ここで評価基準値とは、構造強度評価の場合は材料毎に定められた許容応力等、動的機能維持評価の場合は試験で予め正常に作動することが確認された確認済相対変位等のことを言います。

評価の結果、発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。（表 6-5、6）

表 6-5 構造強度評価結果

区分	設備	評価部位	単位	発生値 ^{※1}	評価基準値 (許容値)
止める	炉心支持構造物	シャフトサポート	応力 (N/mm ²)	86	300
冷やす	残留熱除去ポンプ	基礎ボルト	応力 (N/mm ²)	29	202
	残留熱除去系配管	配管	応力 (N/mm ²)	197	364
閉じ込める	原子炉圧力容器	基礎ボルト	応力 (N/mm ²)	39	222
	主蒸気系配管	配管	応力 (N/mm ²)	356	417
	原子炉格納容器	ドライウエル	応力 (N/mm ²)	90	255

※1 発生値は基準地震動 S_s -1、2、3 によるものうち最も厳しいものを記載

表 6-6 動的機能維持評価結果

区分	設備	単位	発生値 ^{※1}	評価基準値 (許容値)
止める	制御棒（挿入性）	相対変位 (mm)	13.8	40.0

※1 発生値は基準地震動 S_s -1、2、3 によるものうち最も厳しいものを記載

6.2.2 福島第二原子力発電所

評価は、以下に示す福島第二原子力発電所4号機の原子炉を「止める」「冷やす」放射性物質を「閉じ込める」といった安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な設備に対して実施しました。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ①炉心支持構造物 | ②制御棒（挿入性） | ③残留熱除去ポンプ |
| ④残留熱除去系配管 | ⑤原子炉圧力容器 | ⑥主蒸気系配管 |
| ⑦原子炉格納容器 | | |

基準地震動 S_s による応答解析を行い、その結果求められた発生値（または応答加速度）を評価基準値と比較することによって構造強度評価、動的機能維持評価を行いました。

ここで評価基準値とは、構造強度評価の場合は材料毎に定められた許容応力等、動的機能維持評価の場合は試験で予め正常に作動することが確認された確認済相対変位等のことを言います。

評価の結果、発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。（表 6-7、8）

表 6-7 構造強度評価結果

区分	設備	評価部位	単位	発生値 ^{※1}	評価基準値 (許容値)
止める	炉心支持構造物	シャフトサポート	応力 (N/mm ²)	89	247
冷やす	残留熱除去ポンプ	基礎ボルト	応力 (N/mm ²)	4	342
	残留熱除去系配管	配管	応力 (N/mm ²)	165	321
閉じ込める	原子炉圧力容器	基礎ボルト	応力 (N/mm ²)	11	492
	主蒸気系配管	配管	応力 (N/mm ²)	157	309
	原子炉格納容器	ドライウエル	応力 (N/mm ²)	38	380

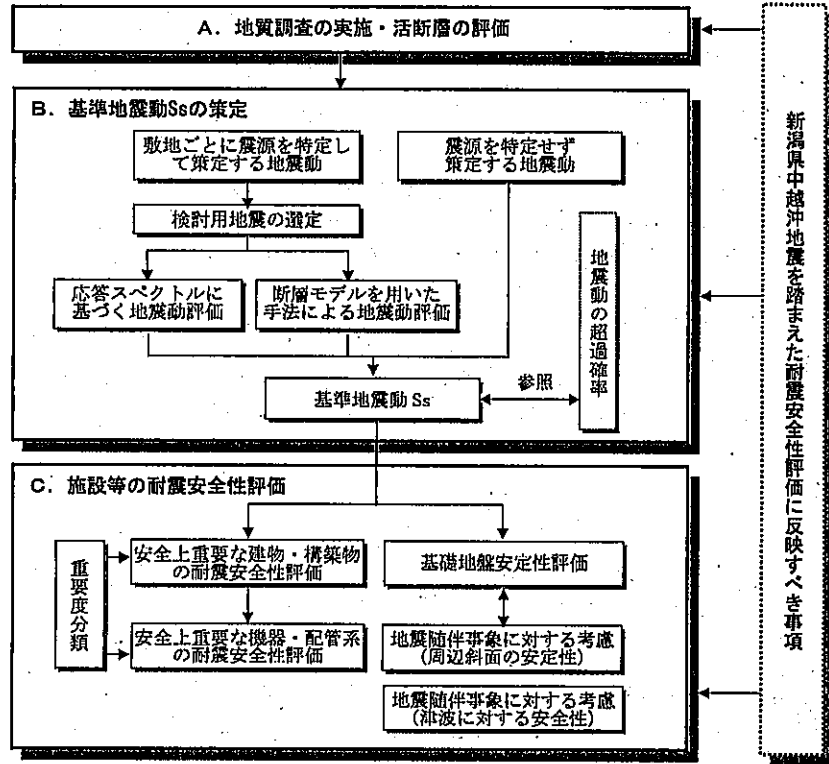
※1 発生値は基準地震動 S_s -1、2、3 によるものうち最も厳しいものを記載

表 6-8 動的機能維持評価結果

区分	設備	単位	発生値 ^{※1}	評価基準値 (許容値)
止める	制御棒（挿入性）	相対変位 (mm)	14.1	40.0

※1 発生値は基準地震動 S_s -1、2、3 によるものうち最も厳しいものを記載

【別紙-1】耐震安全性評価の流れ



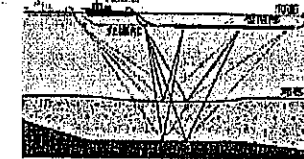
【耐震安全性評価の流れ】

【別紙-2】主な調査項目

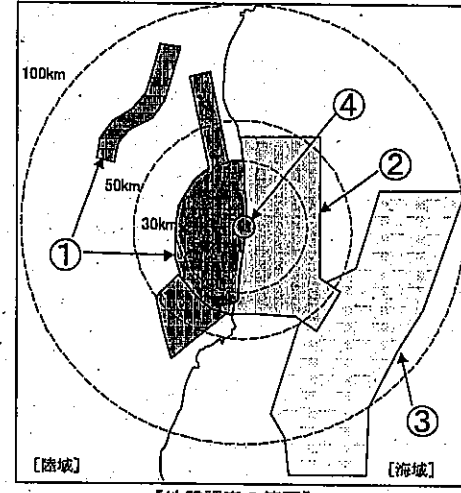
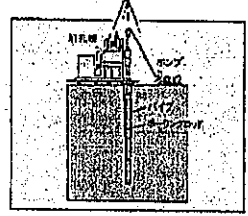
文献調査 (敷地から半径約 100km の範囲)
変動地形的調査 (範囲①)
地表地質調査 (範囲①)
 文献調査の結果を踏まえて、敷地を中心とする半径約 30km の範囲の陸域について変動地形的調査並びに地表地質調査を、さらに、同範囲以遠に分布する主要断層沿いについて同様の調査を実施した。

変動地形的調査 (範囲④)
地表地質調査 (範囲④)
 敷地近傍の地質及び地質構造を高精度で把握するため、敷地を中心とする半径 5km の範囲において、詳細な変動地形的調査、地表地質調査を実施した。

海上音波探査 (範囲②、③)
同記録解析 (敷地から半径約 100km の範囲)
 敷地を中心として、汀線方向約 80km、汀線直交方向約 30km の範囲の海域について海上音波探査を実施した。さらに、敷地前面海域よりも外海の周辺海域においては、文献調査の結果を踏まえて海上音波探査を実施した。また、他機関の海上音波探査記録についても解析を行った。



ボーリング調査 (範囲①)
 活断層の認定基準の変更に対応するため、双葉断層周辺においてボーリング調査を実施した。



【地質調査の範囲】

福島第一原子力発電所について例示

(別添3)

平成20年3月31日
関西電力株式会社

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う 当社原子力発電所の耐震安全性評価結果中間報告の概要

1. はじめに

- 平成18年9月20日付けで原子力安全・保安院より、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下「新耐震指針」という。)に照らした耐震安全性評価を実施するよう求める文書が出され、当社は、美浜発電所、高浜発電所、大飯発電所の耐震安全性評価を行ってきました。
- また平成19年7月16日には、新潟県中越沖地震があり、7月20日には、経済産業大臣より、新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性評価に適切に反映し早期に評価を完了する旨の指示があったことから、当社は平成19年8月20日に耐震安全性評価実施計画書を見直したうえで、経済産業省および福井県、立地町等に提出しました。また平成19年12月27日には、原子力安全・保安院から、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項(中間取りまとめ)の通知がありました。
- これらを踏まえ、本日平成20年3月31日、地質調査結果、基準地震動Ssの策定結果、美浜発電所1号機、高浜発電所1号機、大飯発電所1号機における主要設備の評価結果など、これまで実施してきた耐震安全性評価結果に関する中間報告をとりまとめました。

【中間報告のポイント】

- 新耐震指針に照らして、当社原子力発電所周辺の地質調査を実施しました。
- 地質調査の結果に基づき、当社原子力発電所に影響のある活断層を評価し基準地震動Ss^{*1}を策定しました。
- 策定した基準地震動Ss(美浜、大飯発電所は最大加速度600ガル、高浜発電所は最大加速度550ガル)により、原子炉建屋や安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な設備^{*2}の耐震解析を実施し、耐震安全性が確保されていることを確認しました。
 - ※1: 新耐震指針で要求されている原子力発電所の耐震設計に用いる地震動
 - ※2: 美浜発電所1号機、高浜発電所1号機、大飯発電所1号機の原子炉容器、蒸気発生器、炉内構造物、一次冷却材管、余熱除去ポンプ、余熱除去配管、原子炉格納容器、原子炉建屋、原子炉補助建屋、制御棒(挿入性)

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ

- 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の最終報告までの流れは、下図のとおりです。
- なお、今回の中間報告において、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項の評価も行いました。
 - = 今回の中間報告で実施したもの
 - = 今回の中間報告で一部実施したもの

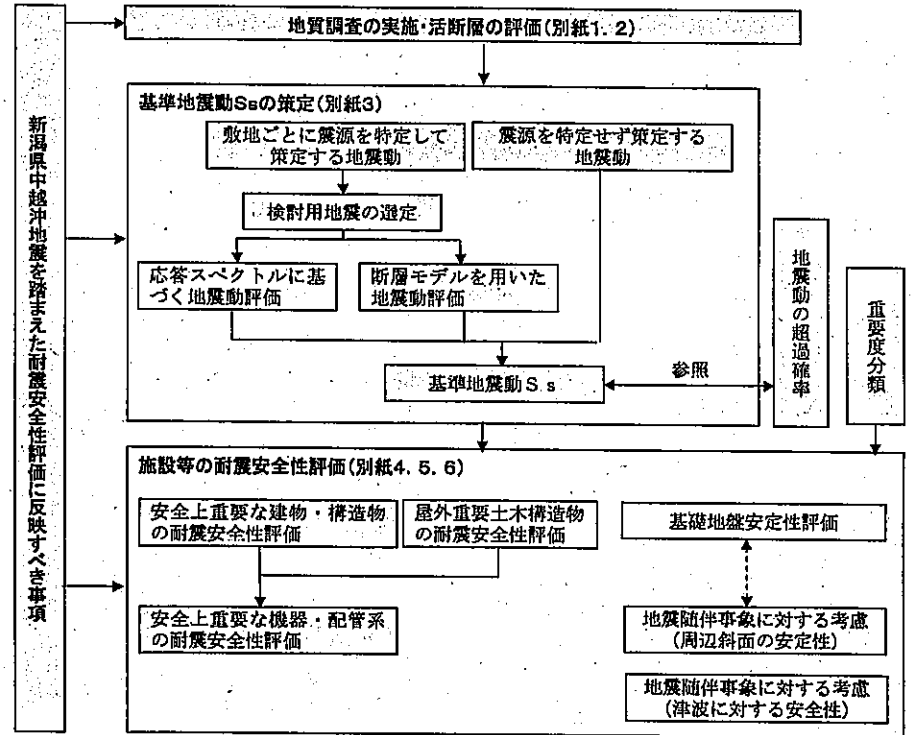


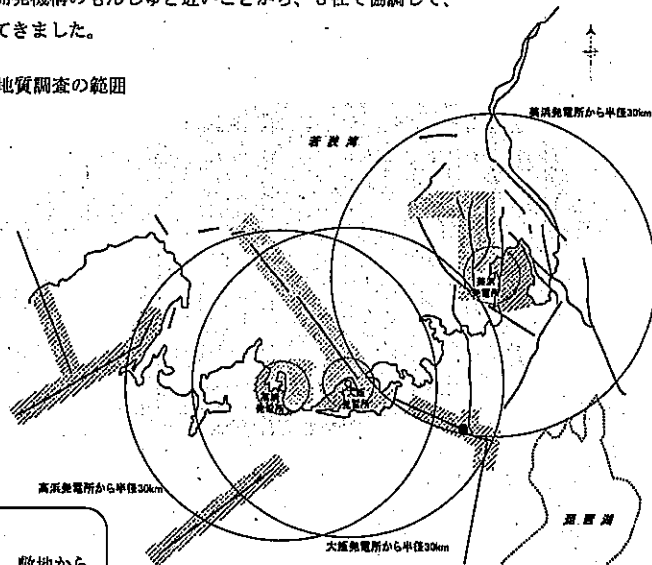
図-1-① 耐震安全性評価の流れ

3. 耐震安全性評価（中間報告）の概要

3.1 地質調査の概要

- ・新耐震指針に照らして、実施した主な調査項目は以下のとおりです。
- ・なお、美浜発電所の周辺については、日本原子力発電株式会社（美浜発電所）および独立行政法人日本原子力研究開発機構のものじゅと近いことから、3社で協調して、調査・評価を実施してきました。

図-1-② 地質調査の範囲



文献調査・空中写真判読の実施

- ・最近の文献を調査するとともに、敷地から半径約30kmの範囲について空中写真判読（変動地形学的調査）を実施。

地表地質調査の実施（の範囲）

- ・敷地近傍（敷地から半径約5kmの範囲）と、空中写真判読結果をもとにした主要な断層周辺について、表土をはぎとるなどしながら、地質調査を実施。
- ・図示以外の範囲も必要に応じて実施。

トレンチ調査の実施

（●の地点）

- ・地盤に溝を掘り、直接断層を確認する調査を実施。



熊川断層のトレンチ調査を公開（H18.12）

海上音波探査の実施（の範囲）

- ・敷地から半径約5kmの海域を中心に、最新の調査技術（ジオパルス・マルチチャンネル音波探査）を導入し、海底の地質構造を把握。



航空重力探査の実施（の範囲）

- ・海から陸にかけての地下構造を把握するため、空から探査を実施。



既存・他機関の

音波探査記録の再解析

- ・敷地から半径約30kmの範囲の海域の記録を再解析。

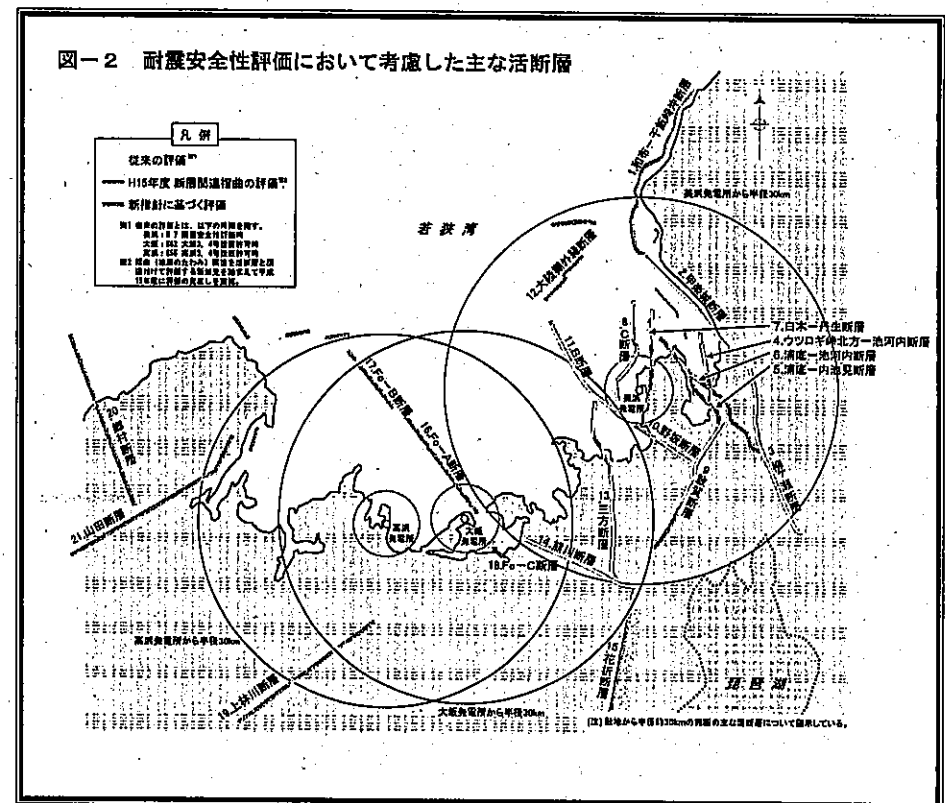
3.2 活断層の評価

- ・活断層評価にあたっては、「新耐震指針」や「中越沖地震を踏まえた反映すべき事項」（平成19年12月27日：原子力安全・保安院）における活断層評価の考え方や趣旨を踏まえ、変動地形^{※1}や地下構造の状況^{※2}を重視した検討を実施し、安全側に考慮して評価を行いました。

※1：変動地形とは、地殻の変動に起因する特徴的な地形をいい、地形の切断・屈曲、撓曲、傾動・逆傾斜等である。

※2：「地下構造の状況」を重視した検討とは、地表付近の断層の連続・不連続の状況のみならず、断層面の向きや傾斜などの類似性から、地下での断層の連続の可能性も考慮して、一連で活動する断層の範囲を検討すること。

図-2 耐震安全性評価において考慮した主な活断層



・従来の活断層評価を変更したポイントは以下の通りです。

(下表の変更理由欄に下記番号を記載)

- ①変動地形(地形の切欠・屈曲・褶曲など)など特徴的な地形を調査することにより活断層と評価したもの。
- ②地下構造の状況を重視した検討により、別々の断層が地下で繋がっている可能性も考慮したもの。
- ③詳細地表地質調査、トレンチ調査、最新の調査技術を導入した海上音波探査などによる、より入念な調査の結果を反映したもの。(特に、敷地から半径約5kmの範囲)
- ④旧耐震指針において、過去に起こった地震(歴史地震)や地震地体構造で評価していた断層を、調査結果に基づく断層の長さで評価したもの。
- ⑤断層の長さは変わらないがマグニチュードの算出方法の違いにより、変更したもの。

【耐震安全性評価において考慮した主な活断層】

今回の評価			これまでの評価※1		変更理由
断層名	断層長さ L (km)	マグニチュード M※2	断層長さ L (km)	マグニチュード M※3	
1. 和布一干飯崎断層	約32	7.3	※4		①, ②, ③
2. 甲楽城断層	約19	6.8	約20	7.0	①, ②, ③
3. 柳ヶ瀬断層	約28	7.0	約28	7.2	⑤
4. カツキ峠北方一池河内断層	約23	6.9	※4		①, ②, ③
5. 浦底一内池見断層	約18	6.8	-		①, ②, ③
6. 浦底一池河内断層	約25	6.9	-		①, ②, ③
7. 白木一丹生断層	約15	6.9※5	-		①, ②, ③
8. C断層	約18	6.9	※4		①, ②, ③
9. 敦賀断層	約23	6.9	約19	7.0	①, ②, ③
10. 野坂断層	約12	6.8※5	約7	6.2	①, ②, ③
11. B断層	約19	6.8	約17	6.9	③
12. 大陸棚外縁断層	約10	6.8※5	※4		①, ②, ③
13. 三方断層	約27	7.1	約18	6.9	②, ③
14. 熊川断層	約20	6.8	約20	7.0	⑤
15. 花折断層	約58	7.6	長さは評価外 (マグニチュードのみで評価)	7.8 (地震地体構造で評価)	④
16. Fo-A断層	約23	6.9	-		①, ③
17. Fo-B断層	約12	6.8※5	-		③
18. Fo-C断層	約3	6.8※5	-		③
19. 上林川断層	約26	7.0	-		①
20. 狐村断層	約34	7.2	長さは評価外 (マグニチュードのみで評価)	7.3 (北丹後地震で評価)	④
21. 山田断層	約33	7.1	-		

※1:「-」は旧指針で考慮対象外

※2:断層面積からマグニチュードを算出

※3:松田式(断層の長さからマグニチュードを関係づける経験式)によりマグニチュードを算出

※4:断層の長さや敷地からの距離を考慮すると敷地に与える影響は小さいと評価

※5:新潟県中越沖地震を踏まえた反映すべき事項の通知において短い活断層による地震の想定は少なくともマグニチュード6.8相当の地震規模を想定することが記載されていることを反映

C断層は、美浜発電所の基準地震動Ss策定において影響した活断層

B断層は、高浜、大飯発電所の基準地震動Ss策定において影響した活断層

3.3 基準地震動Ssの策定

(1)敷地ごとに震源を特定して策定する地震動(活断層評価の結果から策定する地震動)

a. 検討用地震の選定

・活断層調査結果を踏まえ、地震動評価のために活断層をモデル化しました。

(耐震安全性評価において考慮した主な活断層)は全て断層モデルを設定)

・敷地に与える影響を検討するために、応答スペクトルによる地震動評価を行い、比較

検討した結果、影響の大きい検討用地震として**美浜発電所においては「C断層」、**

高浜発電所・大飯発電所においては「Fo-A断層」を選定しました。

b. 応答スペクトルに基づく地震動評価(図-①～図-③参照)

・選定した「検討用地震」を対象に地震動評価を安全側に考慮した検討を実施しました。

・その結果、検討用地震のスペクトルを上回る地震動として、**美浜発電所・大飯発電所は最大加速度600ガル、高浜発電所は最大加速度550ガルの基準地震動S_{s-111}**を策定しました。

・鉛直動は、水平動の2/3倍としました。

c. 断層モデルを用いた地震動評価(図-④～図-⑥参照)

・評価においては、特に地震動に影響を及ぼすアスペリティ(他の傾域よりも大きな地震動を出す領域)を発電所敷地に近いところに想定する等、安全側に考慮しました。

・検討の結果、**美浜発電所において、C断層の一部の計算結果がS_{s-111}を上回るため、これを別途基準地震動S_{s-211}(最大加速度約430ガル)としました。**なお、高浜発電所・大飯発電所においては、いずれの結果においてもS_{s-111}を下回ることを確認しました。

d. 孤立した短い活断層に対する地震動評価(新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項反映)

・震源を特定して策定する地震動の妥当性確認のため、地質調査の結果短く孤立した活断層を対象として、少なくともマグニチュード6.8(白木一丹生断層については6.9)を考慮した地震動評価を実施し、いずれの結果においてもS_{s-111}を下回ることを確認しました。

(2)震源を特定せず策定する地震動(活断層調査の結果にかかわらず共通的に考慮する地震動)

・震源を特定せず策定する地震動は、地震調査委員会の「震源断層をあらかじめ特定しにくい地震」と評価された敷地周辺の過去の地震の分析も行った結果、加藤・他(2004)による応答スペクトルを想定することとしましたが、**基準地震動S_{s-111}は、震源を特定せず策定する地震動を十分に上回る結果となりました。**

3.4 施設の耐震安全性評価（美浜発電所1号機）

(1) 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

- 原子炉建屋および原子炉補助建屋の耐震安全性の評価に当たっては、建屋全体の健全性を確認する観点から、地震時の耐震壁のせん断ひずみ[※]を評価しました。
- 地震応答解析モデルは、最新の知見を踏まえた上で設定し、基礎地震動 S_b による解析を実施しました。以下に、原子炉建屋および原子炉補助建屋の解析結果を示します。（図-4-①～図-4-④）
- 評価の結果、耐震壁の最大応答せん断ひずみは評価基準値以下であり、耐震安全性が確保されていることを確認しました。（表-4-①）

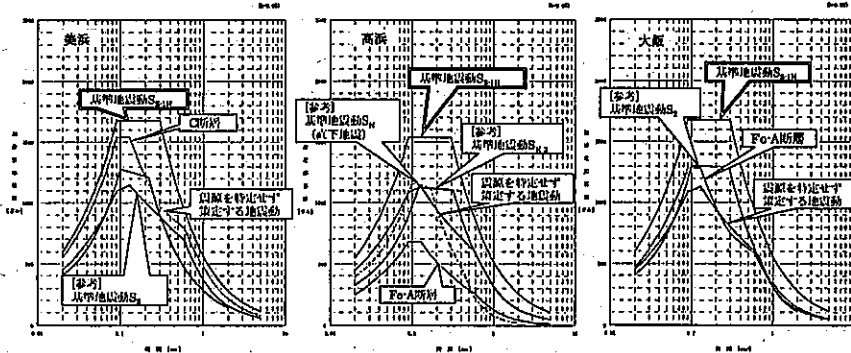


図-① 応答スペクトルに基づく地震動評価（美浜）
 図-② 応答スペクトルに基づく地震動評価（高浜）
 図-③ 応答スペクトルに基づく地震動評価（大飯）

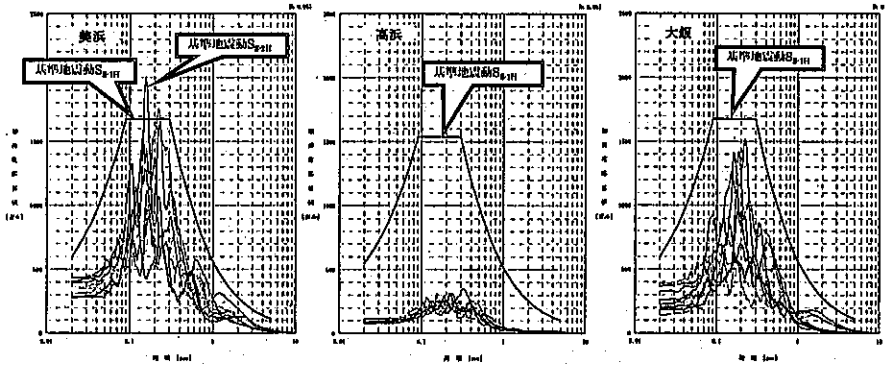


図-④ C断層を対象とした断層モデルを用いた地震動評価結果と基準地震動 S_{b-111} との比較（美浜，EW方向）
 図-⑤ Po-A断層を対象とした断層モデルを用いた地震動評価結果と基準地震動 S_{b-111} との比較（高浜，EW方向）
 図-⑥ Po-A断層を対象とした断層モデルを用いた地震動評価結果と基準地震動 S_{b-111} との比較（大飯，EW方向）

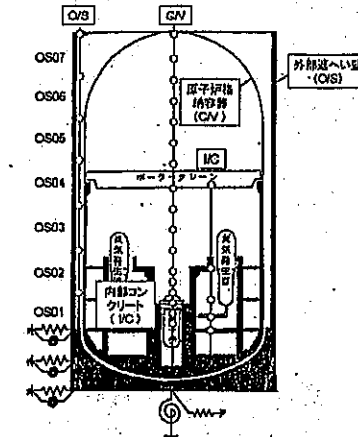


図-4-① 原子炉建屋の解析モデルの概念図

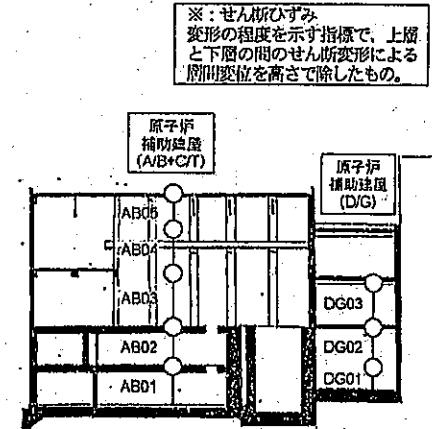


図-4-② 原子炉補助建屋の解析モデルの概念図

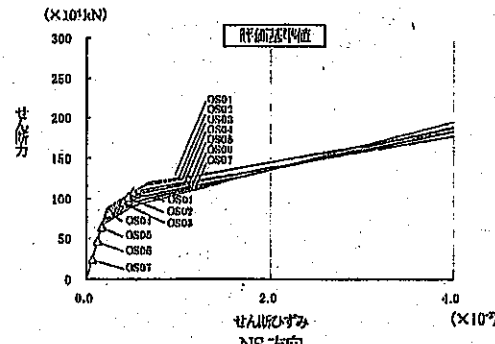


図-4-③ 原子炉建屋の最大応答せん断ひずみ

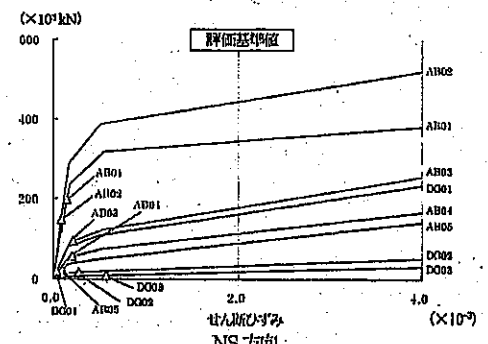


図-4-④ 原子炉補助建屋の最大応答せん断ひずみ

表-4-① 評価結果

建物・構築物	評価対象建屋	評価部位	最大応答せん断ひずみ	評価基準値
	原子炉建屋	耐震壁	OS01 (NS方向)	0.50×10^{-3}
原子炉補助建屋	耐震壁	DG03 (NS方向)	0.58×10^{-3}	2.0×10^{-3}

(2) 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

評価は、原子炉を「止める」「冷やす」放射性物質を「閉じ込める」といった安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な施設に対して実施しました。

- ①炉内構造物 ②制御棒（挿入性） ③余熱除去ポンプ
- ④余熱除去配管 ⑤原子炉容器 ⑥一次冷却材管
- ⑦蒸気発生器 ⑧原子炉格納容器

基準地震動Ssによる解析を行い、評価項目である応力や制御棒の挿入時間について、評価基準値に照らして評価しました。
 ここで評価基準値とは、構造強度評価の場合は材料毎に定められた許容応力、制御棒の挿入性評価の場合は制御棒挿入規定時間のことを指します。
 評価の結果、評価値は評価基準値以下であり、耐震安全性が確保されていることを確認しました。（表-4②）

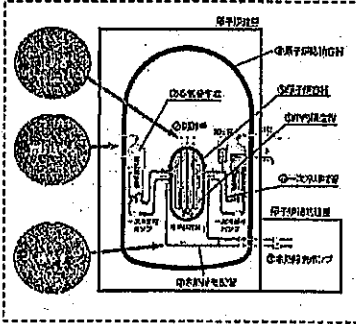


表-4② 評価結果（評価値≤評価基準値であれば、耐震安全性を有すると言えます。）

区分	評価対象機器・配管系	評価項目	評価値	評価基準値
止める	炉内構造物	炉心そのの構造強度 (応力: MPa)	86	391
	制御棒	挿入性 (挿入時間: 秒)	1.73	1.8
冷やす	余熱除去ポンプ	基礎ボルトの構造強度 (応力: MPa)	11	210
	余熱除去配管	本体の構造強度 (応力: MPa)	49	360
閉じ込める	原子炉容器	支持構造物の構造強度 (応力: MPa)	43	166
	一次冷却材管	本体の構造強度 (応力: MPa)	136	354
	蒸気発生器	支持構造物の構造強度 (応力: MPa)	382	444
	原子炉格納容器	本体の構造強度 (応力: MPa)	45	280

施設の耐震安全性評価結果

美浜発電所の基準地震動Ssを用いて、主要施設の解析により求めた評価値は、全て評価基準値を下回っており、主要施設の安全性を確認しました。

3. 4 施設の耐震安全性評価（高浜発電所1号機）

(1) 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

原子炉建屋および原子炉補助建屋の耐震安全性の評価に当たっては、建屋全体の健全性を確認する観点から、地震時の耐震壁のせん断ひずみ[※]を評価しました。
 地震応答解析モデルは、最新の知見を踏まえた上で設定し、基準地震動Ssによる解析を実施しました。以下に、原子炉建屋および原子炉補助建屋の解析結果を示します。（図-5①～図-5④）
 評価の結果、耐震壁の最大応答せん断ひずみは評価基準値以下であり、耐震安全性が確保されていることを確認しました。（表-5①）

※：せん断ひずみ変形の程度を示す指標で、上層と下層の間のせん断変形による層間変位を高さと除したものを示す。

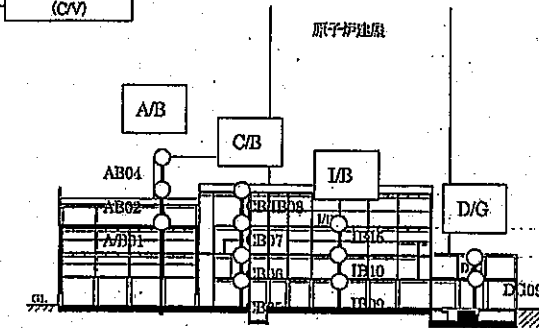
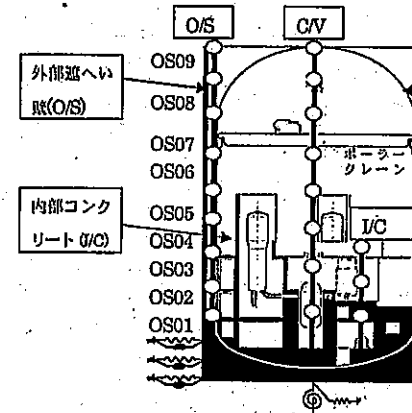


図-5① 原子炉建屋の解析モデルの概念図

図-5② 原子炉補助建屋の解析モデルの概念図

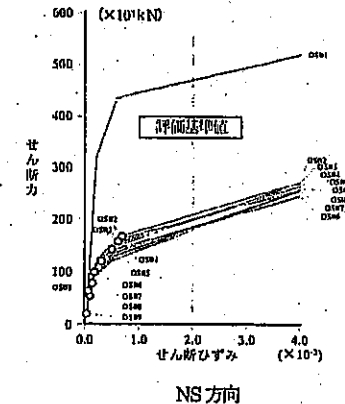


図-5③ 原子炉建屋の最大応答せん断ひずみ

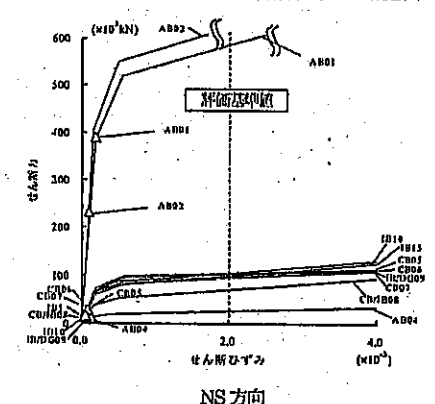


図-5④ 原子炉補助建屋の最大応答せん断ひずみ

表-5① 評価結果

建物・構築物	評価対象建屋	評価部位	最大応答せん断ひずみ	評価基準値
	原子炉建屋	耐震壁	0.69×10^{-3} (NS方向 OS02)	2.0×10^{-3}
	原子炉補助建屋	耐震壁	0.19×10^{-3} (NS方向 AB01)	2.0×10^{-3}

(2) 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

評価は、原子炉を「止める」「冷やす」放射性物質を「閉じ込める」といった安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの主要な施設に対して実施しました。

- ①炉内構造物 ②制御棒(挿入性) ③余熱除去ポンプ
- ④余熱除去配管 ⑤原子炉容器 ⑥一次冷却材管
- ⑦蒸気発生器 ⑧原子炉格納容器

基準地震動 S_s による解析を行い、評価項目である応力や制御棒の挿入時間について、評価基準値に照らして評価しました。ここで評価基準値とは、構造強度評価の場合は材料毎に定められた許容応力、制御棒の挿入性評価の場合は制御棒挿入規定時間のことを指します。評価の結果、評価値は評価基準値以下であり、耐震安全性が確保されていることを確認しました。(表-5-②)

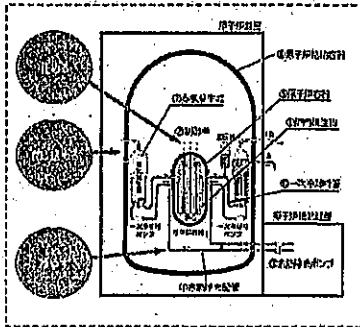


表-5-② 評価結果 (評価値 ≤ 評価基準値であれば、耐震安全性を有すると考えます。)

区分	評価対象 機器・配管系	評価項目	評価値	評価基準値
止める	炉内構造物	炉心そのの構造強度 (応力: MPa)	52	391
	制御棒	挿入性 (挿入時間: 秒)	1.73	1.8
冷やす	余熱除去ポンプ	基礎ボルトの構造強度 (応力: MPa)	23	210
	余熱除去配管	本体の構造強度 (応力: MPa)	92	342
閉じ 込める	原子炉容器	支持構造物の構造強度 (応力: MPa)	317	385
	一次冷却材管	本体の構造強度 (応力: MPa)	244	348
	蒸気発生器	支持構造物の構造強度 (応力: MPa)	312	415
	原子炉格納容器	本体の構造強度 (応力: MPa)	223	282

施設の耐震安全性評価結果

高浜発電所の基準地震動 S_s を用いて、主要施設の解析により求めた評価値は、全て評価基準値を下回っており、主要施設の安全性を確認しました。

3. 4 施設の耐震安全性評価 (大飯発電所1号機)

(1) 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

- 原子炉建屋および原子炉補助建屋の耐震安全性の評価に当たっては、建屋全体の健全性を確認する観点から、地震時の耐震壁のせん断ひずみ μ を評価しました。
- 地震応答解析モデルは、最新の知見を踏まえた上で設定し、基準地震動 S_s による解析を実施しました。以下に、原子炉建屋および原子炉補助建屋の解析結果を示します。(図-6-①~図-6-④)
- 評価の結果、耐震壁の最大応答せん断ひずみは評価基準値以下であり、耐震安全性が確保されていることを確認しました。(表-6-①)

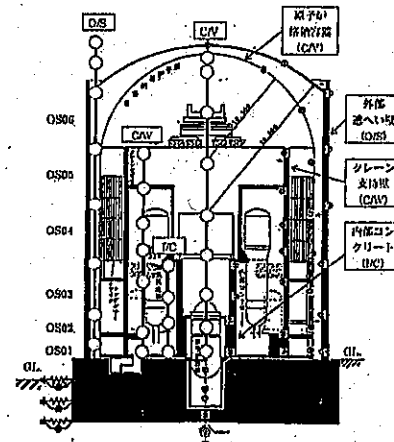


図-6-① 原子炉建屋の解析モデルの概念図

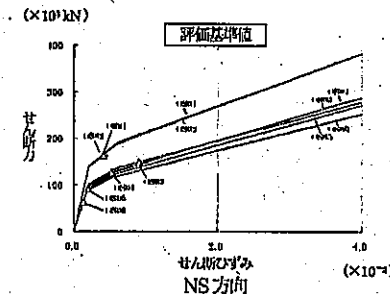


図-6-③ 原子炉建屋の最大応答せん断ひずみ

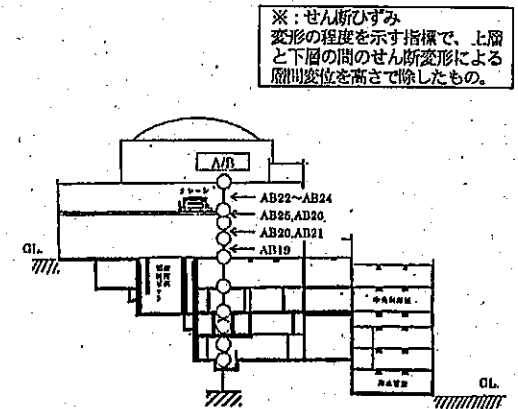


図-6-② 原子炉補助建屋の解析モデルの概念図

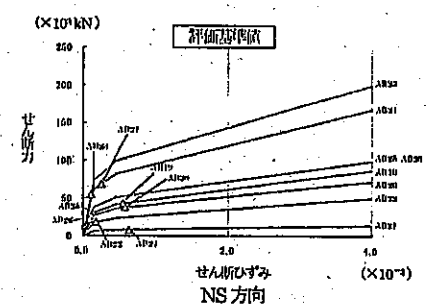


図-6-④ 原子炉補助建屋の最大応答せん断ひずみ

表-6-① 評価結果

建物・構築物	評価対象建屋	評価部位	最大応答せん断ひずみ	評価基準値
		原子炉建屋	耐震壁	0.91×10^{-3} (NS方向 OS03)
	原子炉補助建屋	耐震壁	0.63×10^{-3} (NS方向 AB21)	2.0×10^{-2}

(2) 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

・評価は、原子炉を「止める」「冷やす」放射性物質を「閉じ込める」といった安全上重要な機能を有する耐震 Sクラスの主要な施設に対して実施しました。

- ①炉内構造物 ②制御棒（挿入性） ③余熱除去ポンプ
- ④余熱除去配管 ⑤原子炉容器 ⑥一次冷却材管
- ⑦蒸気発生器 ⑧原子炉格納容器

- ・基準地震動 Ss による解析を行い、評価項目である応力や制御棒の挿入時間について、評価基準値に照らして評価しました。
- ・ここで評価基準値とは、構造強度評価の場合は材料毎に定められた許容応力、制御棒の挿入性評価の場合は制御棒挿入規定時間のことを指します。
- ・評価の結果、評価値は評価基準値以下であり、耐震安全性が確保されていることを確認しました。（表-6-2）

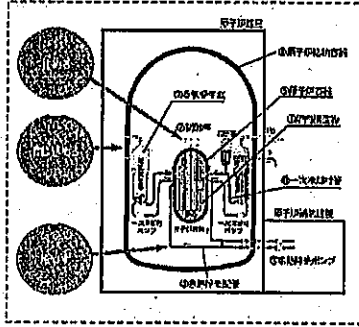


表-6-2 評価結果（評価値 ≤ 評価基準値であれば、耐震安全性を有すると言えます。）

区分	評価対象 機器・配管系	評価項目	評価値	評価基準値
止める	炉内構造物	炉心そのものの構造強度 (応力: MPa)	53	372
	制御棒	挿入性 (挿入時間: 秒)	1.93	2.2
冷やす	余熱除去ポンプ	基礎ボルトの構造強度 (応力: MPa)	45	210
	余熱除去配管	本体の構造強度 (応力: MPa)	257	333
閉じ 込める	原子炉容器	支持構造物の構造強度 (応力: MPa)	370	385
	一次冷却材管	本体の構造強度 (応力: MPa)	271	354
	蒸気発生器	支持構造物の構造強度 (応力: MPa)	278	426
	原子炉格納容器	本体の構造強度 (応力: MPa)	21	238

施設の耐震安全性評価結果

大阪発電所の基準地震動 Ss を用いて、主要施設の解析により求めた評価値は、全て評価基準値を下回っており、主要施設の安全性を確認しました。

断層の運動に関する検討

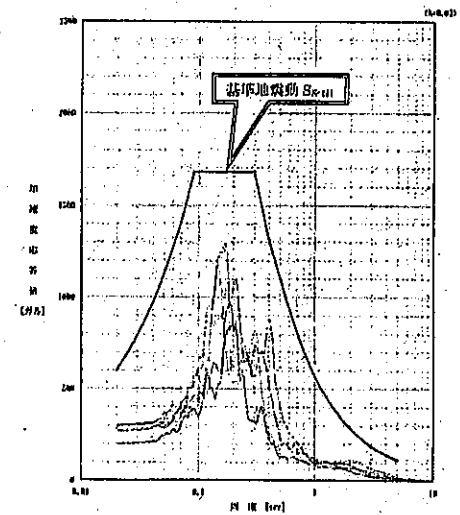
基準地震動 Ss は、新耐震指針では、「敷地周辺の地質・地質構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切な地震動」とされており、地形および地質・地質構造の特徴から判断した活断層に基づき策定しています。

今回評価した活断層は詳細な地質調査に基づくものですが、地震調査研究推進本部等の評価とは異なっている活断層もあるため、仮に当社が設定した活断層の範囲を越えて隣接する活断層と運動して活動した場合を想定して、念のため影響を検討しました。検討にあたっては、敷地に対する影響の大きさを勘案し、第1図に示すB断層と野坂断層の運動を対象に、断層モデルを用いて地震動評価を行いました。

第2図に示すとおり、本ケースの地震動は基準地震動 S_{S-III} を下回ることを確認しています。



第1図 対象断層



第2図 地震動評価結果と基準地震動 S_{S-III} との比較 (BW 方向)

(別添4-1)

平成 20 年 3 月 31 日
九州電力株式会社

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う
玄海原子力発電所耐震安全性評価結果 中間報告書の概要

1. はじめに

- 平成 18 年 9 月 20 日付けで原子力安全・保安院より、改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下「新耐震指針」という。)に照らした耐震安全性の評価を実施するよう求める文書が出され、当社は耐震安全性評価を行ってきました。
- その後、平成 19 年 7 月には新潟県中越沖地震があり、経済産業大臣より、新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映し早期に評価を完了する旨の指示があるとともに、平成 19 年 12 月 27 日には、原子力安全・保安院より、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項(中間取りまとめ)の通知がありました。
- これらを踏まえ、本日平成 20 年 3 月 31 日、玄海原子力発電所における地質調査結果、基準地震動 S_e の策定結果、玄海原子力発電所 3 号機における主要施設の評価結果に関する中間報告を取りまとめました。中間報告の概要は以下のとおりです。

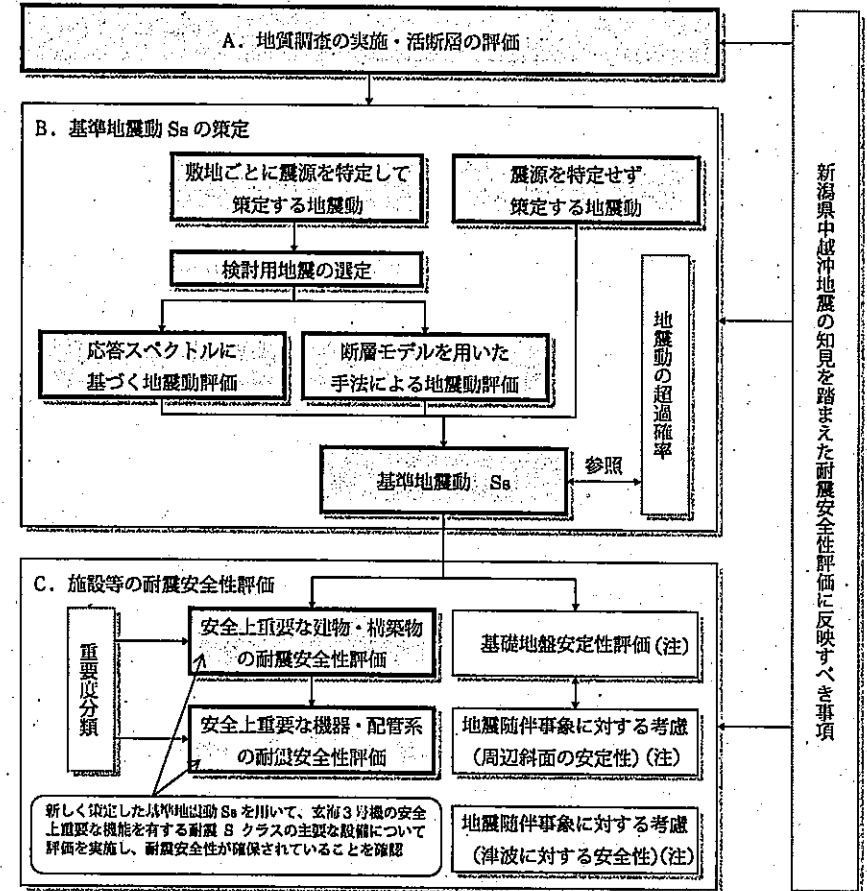
【中間報告のポイント】

- ① 新耐震指針に照らした各種地質調査(変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等)を実施し、従来より保守的に活断層を評価
- ② 活断層評価結果に基づく基準地震動 S_e は、応答スペクトル法や断層モデルを用いた手法により保守的に策定
- ③ 基準地震動 S_e を用いて、安全上重要な機能を有する耐震 S クラスの主要な設備について評価を実施し、耐震安全性が確保されていることを確認

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の内容

- 耐震安全性評価の検討に先立ち、新耐震指針に照らした地質調査を実施し、この調査結果を用いて基準地震動 S_e の策定を行い、建物・構築物や機器・配管系の耐震安全性評価を順次実施するとともに、あわせて地震随伴事象について検討することとなっています。
- 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れは、図に示すとおりであり、新潟県中越沖地震の知見による反映すべき事項も踏まえ、評価を行いました。

耐震安全性評価の流れ



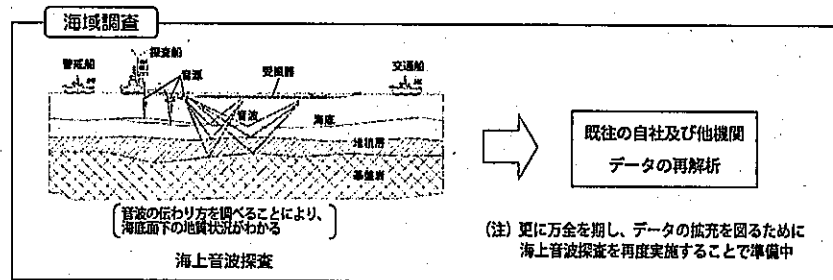
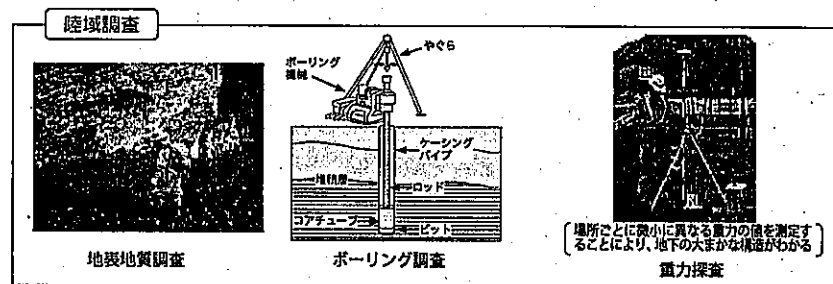
新潟県中越沖地震の知見を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項

3. 耐震安全性評価（中間報告）の概要

A-1 地質調査の概要

- ・新耐震指針を先取りし、平成18年8月から、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等を適切に組み合わせた詳細な調査を徹底して実施しました。
- ・実施した主な調査項目は以下のとおりです。

玄海NPS	
文献調査	・活断層・地質等に関する文献調査
陸域調査	・変動地形学的調査 ・地表地質調査 ・ボーリング調査 ・重力探査
海域調査	・海上音波探査結果の再解析 (自社及び他機関データ)



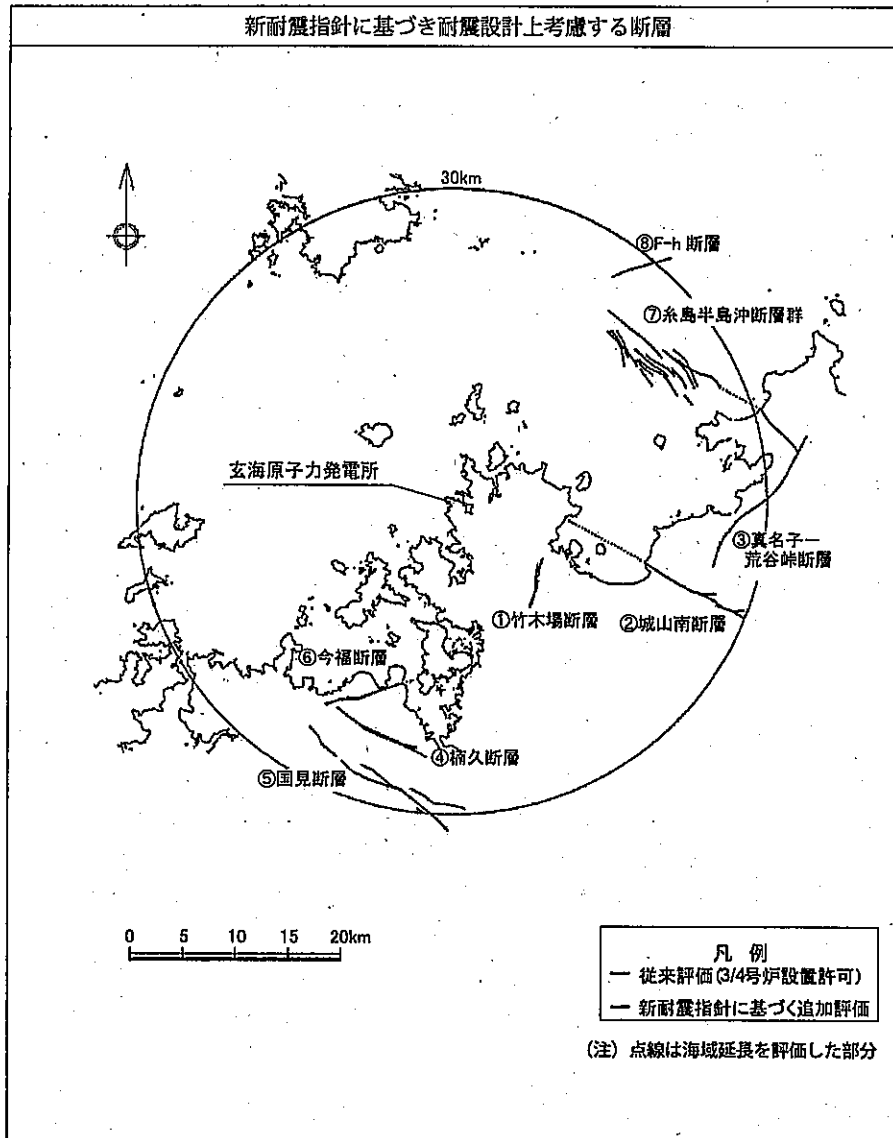
A-2 活断層の評価

- ・活断層評価にあたっては、新耐震指針や「中越沖地震を踏まえ反映すべき事項」(平成19年12月27日、原子力安全・保安院)における活断層評価の考え方や趣旨を踏まえ、変動地形学的観点から地形判読などを行い、既設炉許可以降の文献及び2005年福岡県西方沖地震等も考慮しながら保守的な評価を実施しました。
- ・従来の活断層評価が変更となった考え方のポイントは以下のとおりです。
 - 設置許可以降の最新文献等による新知見を踏まえたもの
 - 変動地形学的観点といった新耐震指針で明示的に追加された調査手法によるもの
 - 調査によっても断層の活動性に関する明確な情報が少ない場合に保守的に評価したもの
 - 断層や褶曲の連続性を考慮する等、确实に存在を否定できる位置まで長さの保守的に評価したもの

	新耐震指針における評価			旧耐震指針における評価 ^{※1}		変更理由 ^{※2}
	断層名	断層長さ L	マニフォールド ^{※3} M	原子炉設置許可申請書に記載の断層長さ	マニフォールド ^{※3} M	
陸域	① 竹木場断層	5km	6.9 ^{※3}	5km	—	a,b,c,d
	② 城山南断層	19km	7.0	—	—	b,c,d
	③ 真名子-荒谷峠断層	15km	6.9 ^{※3}	6km	—	a,b,c,d
	④ 楠久断層	9km	6.9 ^{※3}	7km	—	a,b,c,d
	⑤ 園見断層	17km	6.9	11km	—	a,b,c,d
	⑥ 今福断層	9km	6.9 ^{※3}	—	—	a,b,c,d
海域	⑦ 糸島半島沖断層群	23km	7.1	—	—	a,d
	⑧ F-h断層	6km	6.9 ^{※3}	—	—	a,d

※ 1) —：規模と敷地までの距離から敷地に影響を与えない等と評価。
 ※ 2) 変更理由：本文中の「従来の活断層評価が変更となった考え方のポイント」の記号を示す。
 ※ 3) 孤立した短い活断層として評価。

新耐震指針に基づき耐震設計上考慮する断層



B 基準地震動 S_a の策定

(1) 敷地に最も大きな影響を及ぼす「検討用地震」の選定

- ・活断層調査結果や既往の研究成果を踏まえ、検討用地震を選定する際には保守的な評価を行いました。具体的には、地表に少しでも活断層が確認された場合は、地下に M6.9 相当の地震を起こす活断層が伏在するものとして評価しました。
- ・耐震設計上考慮する活断層を比較検討した結果、「竹木場断層による地震」および「城山南断層による地震」が敷地への影響が大きいことから、これらを検討用地震としました。

(2) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

a. 応答スペクトルに基づく地震動評価

- ・選定した検討用地震について、応答スペクトルに基づく評価を実施しました。
- ・評価に当たっては、アスペリティ^{※1}の位置を発電所敷地に近づけるなど、不確かさについても考慮しました。

b. 断層モデルを用いた手法による地震動評価

- ・震源が敷地に近く、破壊過程が地震動に大きな影響を与えらる地震については、断層モデルを用いた手法を重視し、より詳細な検討を行うこととし、以下の検討を行いました。
- ・応答スペクトルに基づく地震動評価と同様に、アスペリティ^{※1}の位置を不確かさを考慮して発電所敷地に近づけるなどの厳しい条件についても評価を実施しました。

※1 アスペリティ：震源域のうち地震時に特に大きな揺れを発生させる場所

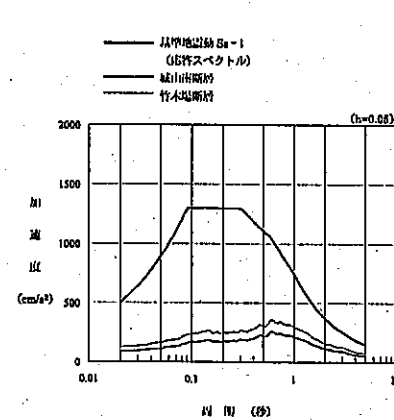


図 B-1 応答スペクトルに基づく地震動評価 (水平動)

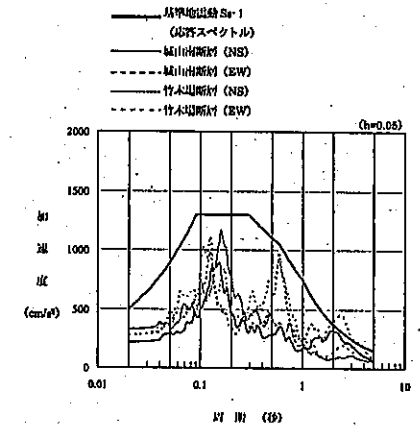


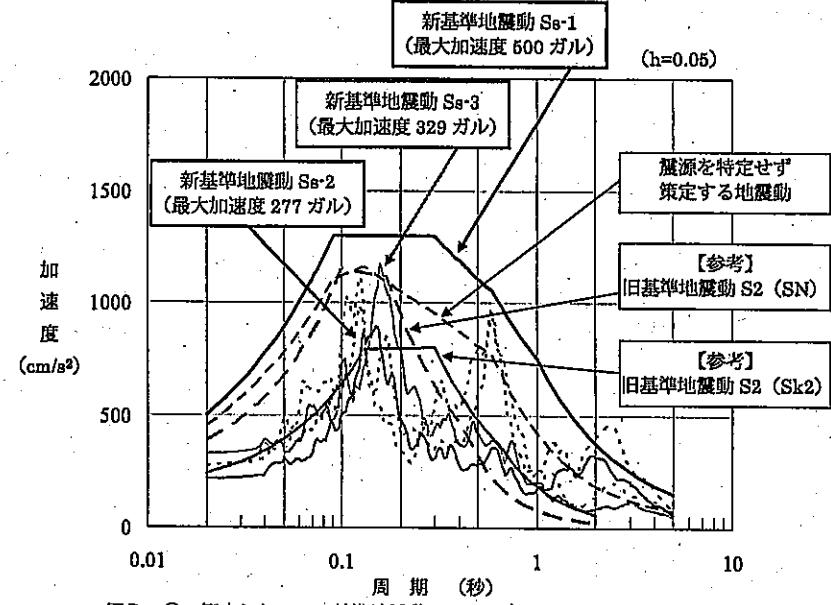
図 B-2 断層モデルを用いた手法による地震動評価 (水平動)

(3) 震源を特定せず策定する地震動

・敷地周辺における震源を事前に特定できない地震の最大規模について、地域性などの検討によって妥当性を検証した上で、加藤ほか(2004)により提案されている応答スペクトルを「震源を特定せず策定する地震動」として設定しました。

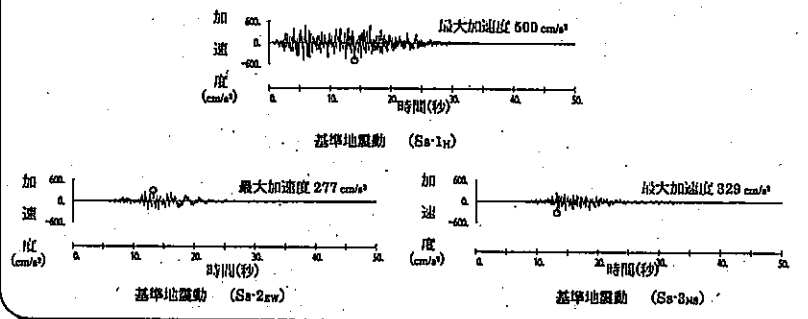
(4) 基準地震動 S_s の策定のまとめ

・応答スペクトルに基づく地震動評価結果に、さらに余裕を考慮して「基準地震動 S_s-1 」(500ガル)を設定しました。
 ・断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のうち、「基準地震動 S_s-1 」を水平動で上回るものとして、「基準地震動 S_s-2 」(277ガル、城山南断層)を、鉛直動で上回るものとして「基準地震動 S_s-3 」(329ガル、竹木場断層)を設定しました。
 ・「震源を特定せず策定する地震動」は、「基準地震動 S_s-1 」に全ての周期間で包絡されたため、「基準地震動 S_s-1 」で代表させることとしました。

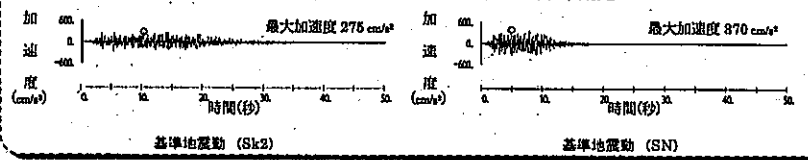


図B-③ 策定した3つの基準地震動 S_s と
既設の基準地震動の応答スペクトル (水平動)

【新耐震指針に基づく基準地震動 S_s の加速度波形 (水平動)】



【参考・旧耐震指針に基づく基準地震動 S_2 の加速度波形 (水平動)】

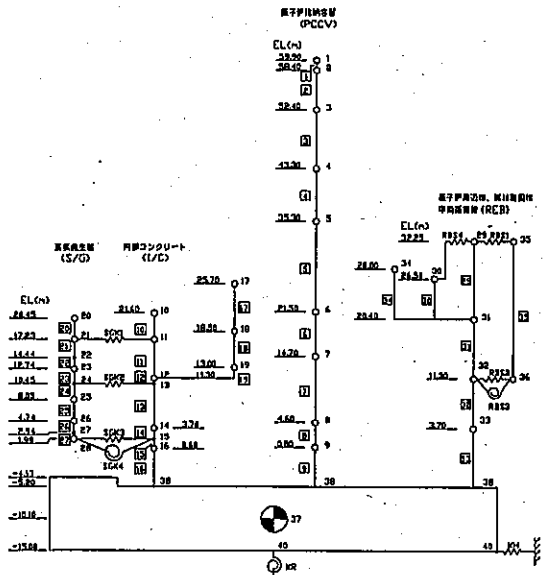


図B-④ 基準地震動の加速度波形 (水平動)

C 施設等の耐震安全性評価

C-1 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

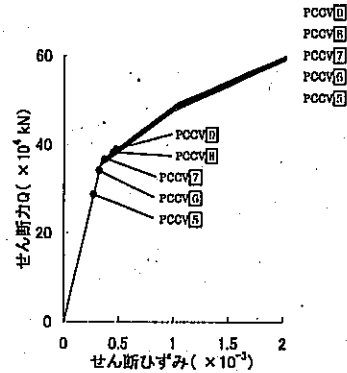
- ・玄海原子力発電所3号機の安全上重要な建物・構築物（原子炉建屋及び原子炉補助建屋）の耐震安全性の評価に当たっては、建屋全体の健全性を確認する観点から、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析の結果による耐震壁のせん断ひずみにより評価しました。
- ・具体的には、建物・構築物や地盤の特性を適切に表現できるモデルを設定（図C-①：原子炉建屋の例）し、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析を実施し、耐震壁のせん断ひずみの値（図C-②、③：原子炉建屋の例）を算出しました。評価としては、解析結果のせん断ひずみが評価基準値 2.0×10^{-3} を超えていないことを確認しました（表C-①）。
- ・評価の結果、耐震壁の最大せん断ひずみは評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。



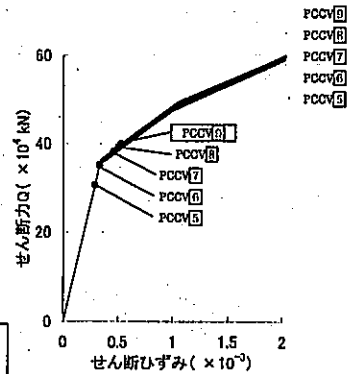
図C-① 地震応答解析モデル図
(原子炉建屋の例)

表C-① 耐震壁の最大せん断ひずみ

	最大せん断ひずみ	評価基準値
原子炉建屋 (原子炉格納容器)	0.53×10^{-3}	2.0×10^{-3}
原子炉補助建屋	0.24×10^{-3}	



図C-② 耐震壁のせん断ひずみ（南北方向）
(原子炉建屋の例)



図C-③ 耐震壁のせん断ひずみ（東西方向）
(原子炉建屋の例)

C-2 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

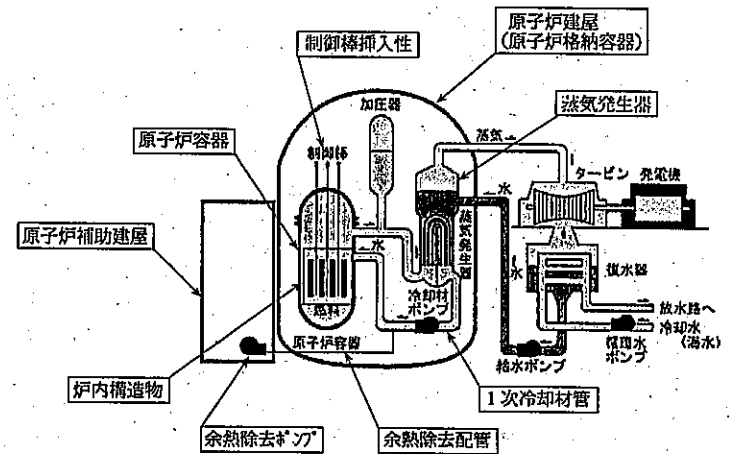
- ・原子炉を「止める」「冷やす」放射性物質を「閉じ込める」といった安全機能を有する主要な設備に対して評価を実施しました。
- ・基準地震動 S_s による評価を行った結果、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

○玄海3号機構造強度評価結果

区分	設備	新耐震指針による評価値(N/mm ²)	規制の許容値(N/mm ²)	評価結果
止める	炉内構築物	75	372	良
冷やす	蒸気発生器	196	427	良
	一次冷却材管	108	356	良
	余熱除去ポンプ	9	210	良
	余熱除去配管	119	344	良
閉じ込める	原子炉容器	62	467	良

○玄海3号機動的機能維持評価結果

区分	設備	新耐震指針による評価値(秒)	規制の許容値(秒)	評価結果
止める	制御棒挿入性	1.73	2.20	良



(別添4-2)

平成 20 年 3 月 31 日
九州電力株式会社

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う
川内原子力発電所耐震安全性評価結果 中間報告書の概要

1. はじめに

- 平成 18 年 9 月 20 日付けで原子力安全・保安院より、改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下「新耐震指針」という。)に照らした耐震安全性の評価を実施するよう求める文書が出され、当社は耐震安全性評価を行ってきました。
- その後、平成 19 年 7 月には新潟県中越沖地震があり、経済産業大臣より、新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映し、早期に評価を完了する旨の指示があるとともに、平成 19 年 12 月 27 日には、原子力安全・保安院より、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項(中間取りまとめ)の通知がありました。
- これらを踏まえ、本日平成 20 年 3 月 31 日、川内原子力発電所における地質調査結果、基準地震動 S_B の策定結果、川内原子力発電所 1 号機における主要施設の評価結果に関する中間報告をとりまとめました。中間報告の概要は以下のとおりです。

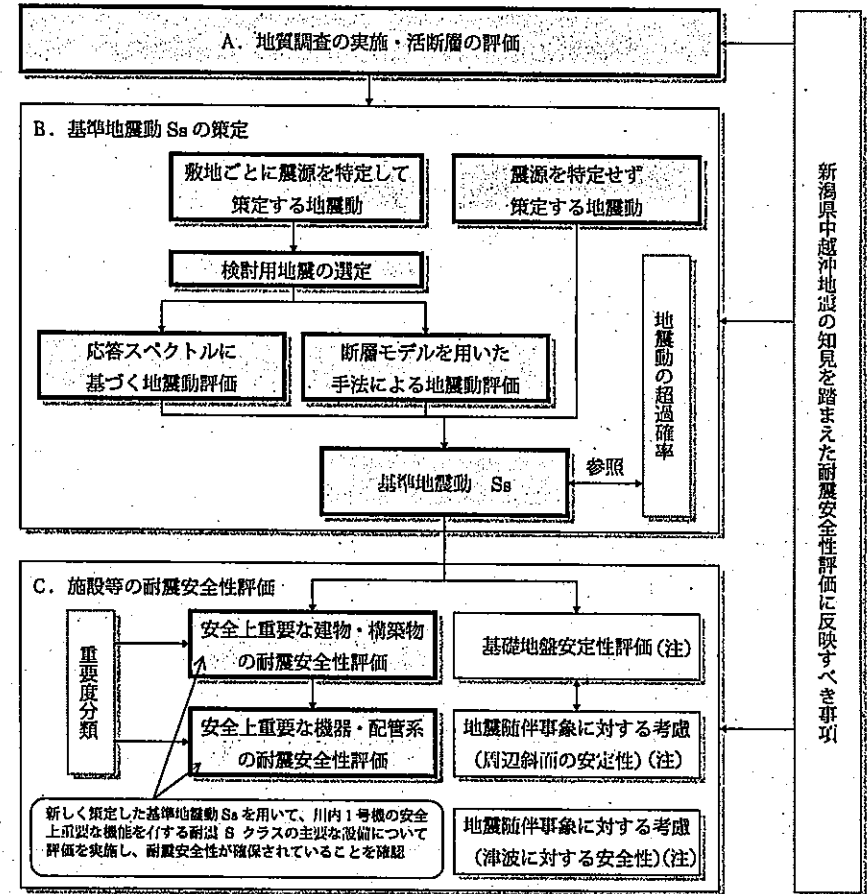
【中間報告のポイント】

- ① 新耐震指針に照らした各種地質調査(変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等)を実施し、従来より保守的に活断層を評価
- ② 活断層評価結果に基づく基準地震動 S_B は、応答スペクトル法や断層モデルを用いた手法により保守的に策定
- ③ 基準地震動 S_B を用いて、安全上重要な機能を有する耐震 S クラスの主要な設備について評価を実施し、耐震安全性が確保されていることを確認

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の内容

- 耐震安全性評価の検討に先立ち、新耐震指針に照らした地質調査を実施し、この調査結果を用いて基準地震動 S_B の策定を行い、建物・構築物や機器・配管系の耐震安全性評価を順次実施するとともに、あわせて地震随伴事象について検討することとなっています。
- 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れは、図に示すとおりであり、新潟県中越沖地震の知見による反映すべき事項も踏まえ、評価を行いました。

耐震安全性評価の流れ



(注) 最終報告で報告、 : 中間報告の項目

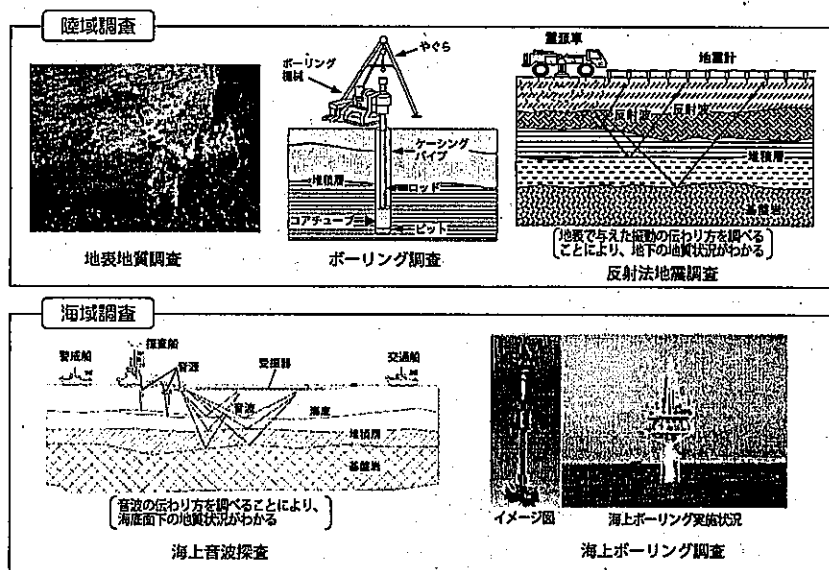
新潟県中越沖地震の知見を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項

3. 耐震安全性評価（中間報告）の概要

A-1 地質調査の概要

- ・新耐震指針を先取りし、平成18年8月から、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等を適切に組み合わせた詳細な調査を徹底して実施しました。
- ・実施した主な調査項目は以下のとおりです。

	川内NPS
文献調査	・活断層・地質等に関する文献調査
陸域調査	・変動地形学的調査 ・地表地質調査 ・ボーリング調査 ・反射法地震探査
海域調査	・海上音波探査 ・海上ボーリング

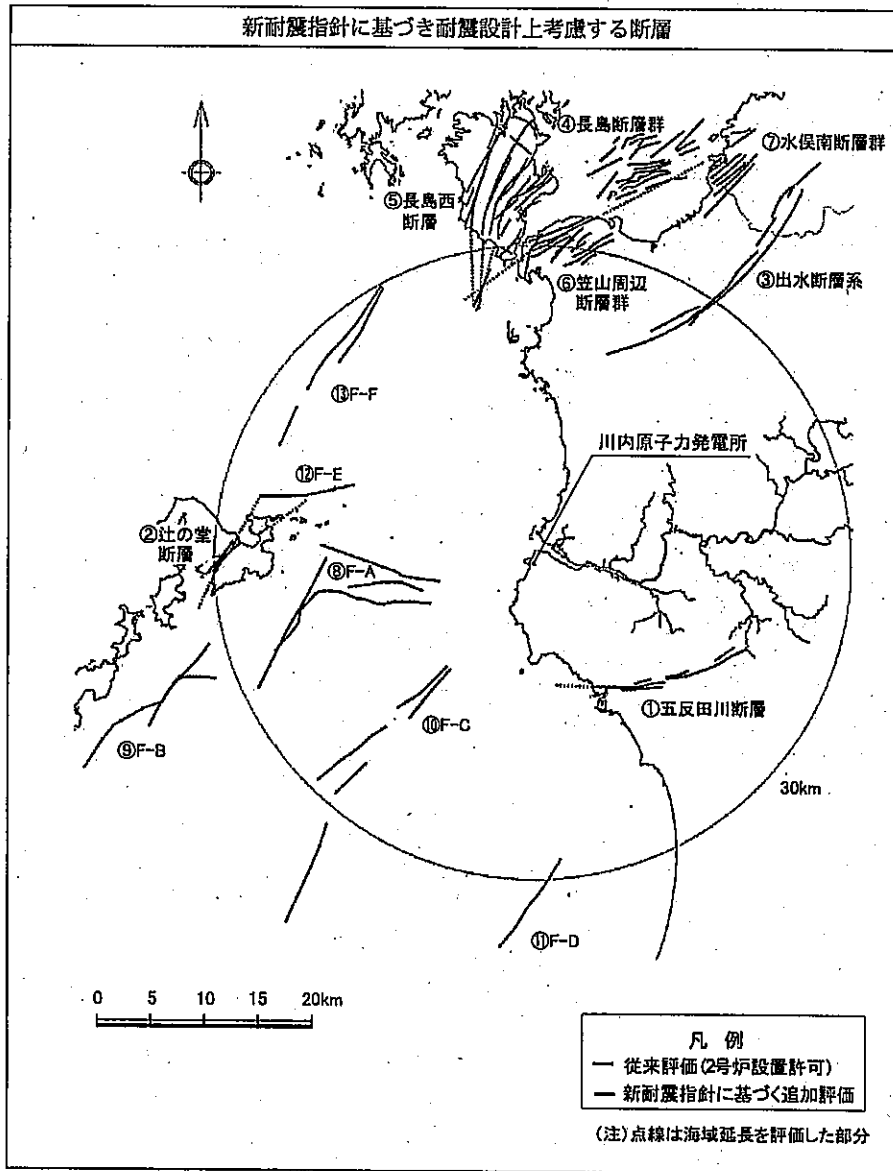


A-2 活断層の評価

- ・活断層評価にあたっては、新耐震指針や「中越沖地震を踏まえ反映すべき事項」（平成19年12月27日、原子力安全・保安院）における活断層評価の考え方や趣旨を踏まえ、変動地形学的観点から地形判読などを行い、既設伊許可以降の文献等も考慮しながら保守的な評価を実施しました。
- ・従来の活断層評価が変更となった考え方のポイントは以下のとおりです。
 - 設置伊許可以降の最新文献等による新知見を踏まえたもの
 - 変動地形学的観点といった新耐震指針で明示的に追加された調査手法によるもの
 - 最新の海上音波探査技術や海上ボーリング調査等により明らかになったもの
 - 調査によっても断層の活動性に関する明確な情報が少ない場合に保守的に評価したもの
 - 断層や褶曲の連続性を考慮する等、確実に存在を否定できる位置まで長さを保守的に評価したもの

	新耐震指針における評価			旧耐震指針における評価※1		変更理由※2
	断層名	断層長さ L	マグニチュード M	原子炉設置伊許可申請書に記載の断層長さ	マグニチュード M	
陸域	① 五反田川断層	19km	6.9	—	—	a,b,d,e
	② 辻の堂断層	12km	6.8 ^a	—	—	a,b,d,e
	③ 出水断層系	23km	7.1	23km	7.1	変更なし
	④ 長島断層群	20km	7.0	—	—	a,b,d,e
	⑤ 長島西断層			8km	—	
	⑥ 笠山周辺断層群	32km	7.3	—	—	a,b,d,e
	⑦ 水俣南断層群			5km	—	
海域	⑧ F-A断層	18km	6.9	16km	6.8	c,e
	⑨ F-B断層	15km	6.8	10km	6.5	c,e
	⑩ F-C断層	16km	6.8	10km	6.5	c,e
	⑪ F-D断層	10km	6.8 ^a	—	—	c,e
	⑫ F-E断層	9km	6.8 ^b	—	—	c,e
	⑬ F-F断層	18km	6.9	—	—	c,e

※ 1) —：規模と敷地までの距離から敷地に影響を与えるものではない等と評価。
 ※ 2) 変更理由：文章中の「従来の活断層評価が変更となった考え方のポイント」の記号を示す。
 ※ 3) 孤立した短い活断層として評価。



B 基準地震動 S_B の策定

(1) 敷地に最も大きな影響を及ぼす「検討用地震」の選定

- ・活断層調査結果や既往の研究成果を踏まえ、検討用地震を選定する際には保守的な評価を行いました。具体的には、地表に少しでも活断層が確認された場合は、地下に M6.8 相当の地震を起こす活断層が伏在するものとして評価しました。
- ・耐震設計上考慮する活断層を比較検討した結果、「五反田川断層による地震」、「F-A断層による地震」、「F-C断層による地震」が敷地への影響が大きいことから、これらを検討用地震としました。

(2) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

- a. 応答スペクトルに基づく地震動評価
- ・選定した検討用地震について、応答スペクトルに基づく評価を実施しました。
 - ・評価に当たっては、アスペリティ^{*1}の位置を発電所敷地に近づけるなど、不確かさについても考慮しました。
- b. 断層モデルを用いた手法による地震動評価
- ・震源が敷地に近く、破壊過程が地震動に大きな影響を与えられられる地震については、断層モデルを用いた手法を重視し、より詳細な検討を行うこととし、以下の検討を行いました。
 - ・応答スペクトルに基づく地震動評価と同様に、アスペリティ^{*1}の位置を不確かさを考慮して発電所敷地に近づけるなどの厳しい条件についても評価を実施しました。

※1 アスペリティ：震源域のうち地震時に特に大きな揺れを発生させる場所

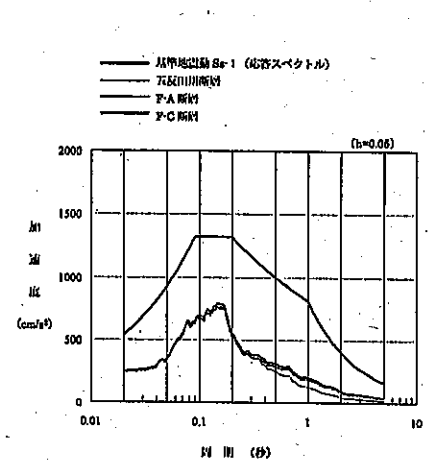


図 B-① 応答スペクトルに基づく地震動評価 (水平動)

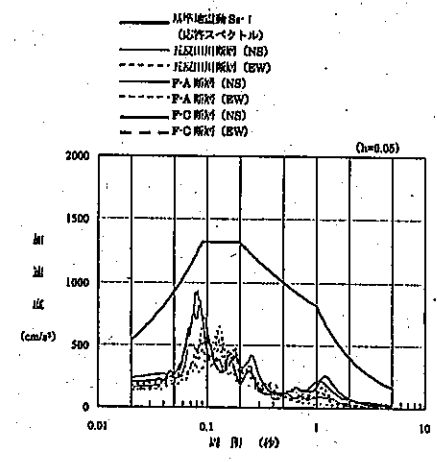


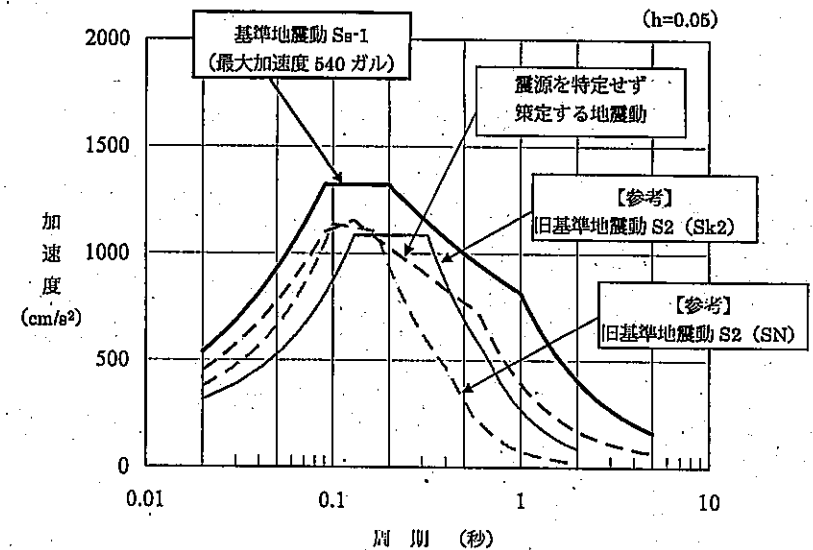
図 B-② 断層モデルを用いた手法による地震動評価 (水平動)

(3) 震源を特定せず策定する地震動

・敷地周辺における震源を事前に特定できない地震の最大規模について、地域性などの検討によって妥当性を検証した上で、加藤ほか(2004)により提案されている応答スペクトルを「震源を特定せず策定する地震動」として設定しました。

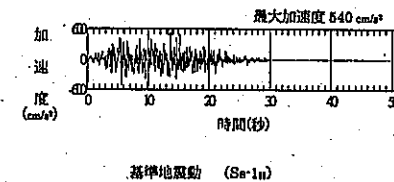
(4) 基準地震動 S_B の策定のまとめ

- ・応答スペクトルに基づく地震動評価結果に、さらに余裕を考慮して「基準地震動 S_{B-1} 」(540ガル)を設定しました。
- ・断層モデルを用いた手法による地震動評価結果は、いずれも「基準地震動 S_{B-1} 」を上回るものとはならないことから、基準地震動 S_B は「基準地震動 S_{B-1} 」で代表させることとしました。
- ・「震源を特定せず策定する地震動」は、「基準地震動 S_{B-1} 」に全ての周期帯で包絡されたため、「基準地震動 S_{B-1} 」で代表させることとしました。

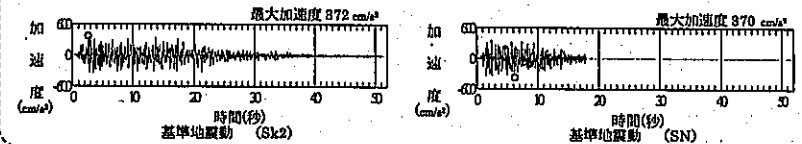


図B-③ 策定した基準地震動 S_B と
既設の基準地震動の応答スペクトル (水平動)

【新指針に基づく基準地震動 S_B の加速度波形 (水平動)】



【参考 旧指針に基づく基準地震動 S2 の加速度波形 (水平動)】

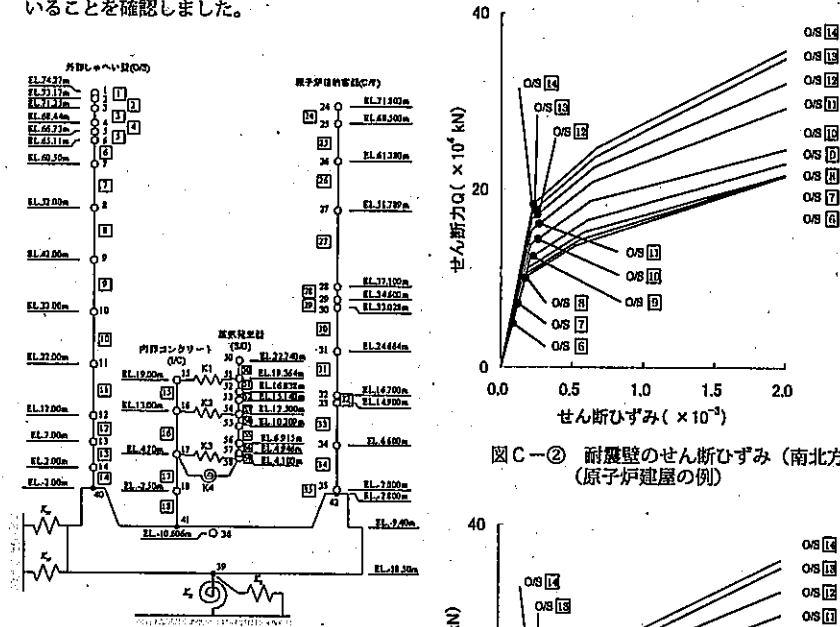


図B-④ 基準地震動の加速度波形 (水平動)

C 施設等の耐震安全性評価

C-1 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

- 川内原子力発電所1号機の安全上重要な建物・構築物（原子炉建屋及び原子炉補助建屋）の耐震安全性の評価に当たっては、建屋全体の健全性を確認する観点から、基準地震動 Ss を用いた地震応答解析の結果による耐震壁のせん断ひずみにより評価しました。
- 具体的には、建物・構築物や地盤の特性を適切に表現できるモデルを設定（図C-①：原子炉建屋の例）し、基準地震動 Ss を用いた地震応答解析を実施し、耐震壁のせん断ひずみの値（図C-②、③：原子炉建屋の例）を算出しました。評価としては、解析結果のせん断ひずみが評価基準値 2.0×10^{-3} を超えていないことを確認しました（表C-①）。
- 評価の結果、耐震壁の最大せん断ひずみは評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

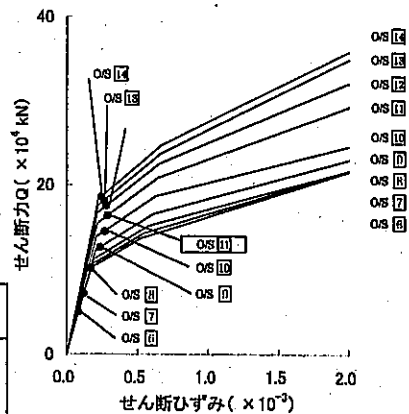


図C-② 耐震壁のせん断ひずみ（南北方向）
（原子炉建屋の例）

図C-① 地震応答解析モデル図
（原子炉建屋の例）

表C-① 耐震壁の最大せん断ひずみ

	最大せん断ひずみ	評価基準値
原子炉建屋	0.29×10^{-3}	2.0×10^{-3}
原子炉補助建屋	0.28×10^{-3}	



図C-③ 耐震壁のせん断ひずみ（東西方向）
（原子炉建屋の例）

C-2 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

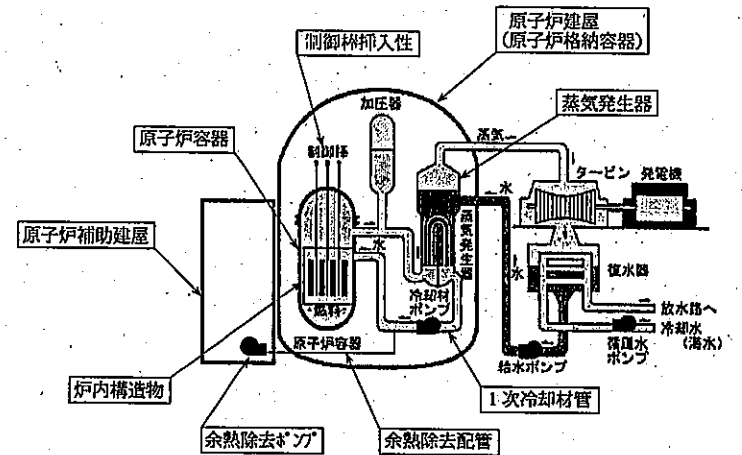
- 原子炉を「止める」「冷やす」放射性物質を「閉じ込める」といった安全機能を有する主要な設備に対して評価を実施しました。
- 基準地震動 Ss による評価を行った結果、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

○川内1号機構造強度評価結果

区分	設備	新耐震指針による評価値(N/mm ²)	規制の許容値(N/mm ²)	評価結果
止める	炉内構築物	98	372	良
冷やす	蒸気発生器	412	497	良
	一次冷却材管	140	358	良
	余熱除去ポンプ	12	210	良
	余熱除去配管	46	361	良
閉じ込める	原子炉容器	195	467	良
	原子炉格納容器	122	352	良

○川内1号機動的機能維持評価結果

区分	設備	新耐震指針による評価値(秒)	規制の許容値(秒)	評価結果
止める	制御棒挿入性	2.11	2.20	良



(別添5-1)
平成20年3月31日
日本原子力発電(株)

東海第二発電所

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う

耐震安全性評価結果 中間報告書の概要

1. はじめに

平成18年9月19日、原子力安全委員会において、新しい「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下「新耐震指針」という。)が決定され、これに伴い、同年9月20日、経済産業省原子力安全・保安院(以下「保安院」という。)より、稼働中の発電用原子炉施設について、新耐震指針に照らした耐震安全性評価を実施し、報告するよう指示を受けました。

当社は、この指示に基づき、東海第二発電所の耐震安全性評価実施計画書を作成し、同年10月18日、保安院に提出し、同計画書に基づき、耐震安全性評価を実施していくこととしました。

その後、新潟県中越沖地震を踏まえて、経済産業大臣より、新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映し、また、確実に、しかし、可能な限り早期に評価を完了する旨の指示(平成19年7月20日)があるとともに、平成19年12月27日には、保安院より、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項(中間とりまとめ)の通知がありました。

これらを踏まえ、本日、地質調査結果、基準地震動Ssの策定結果、主要施設の評価結果など、これまで実施してきた耐震安全性評価に関する中間報告をとりまとめ、保安院に提出いたしました。中間報告の概要は、以下のとおりです。

今後は、今回提出した中間報告の内容について国の確認を受けていくとともに、別紙に示す耐震安全性評価実施工程に従い最終報告に向けて、引き続き評価を進めてまいります。

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ

耐震安全性評価は、保安院の指示に従い、別紙に示す耐震安全性評価の手順で実施しています。今回の中間報告では、これらのうち、地質調査の結果(地質調査、地震調査)、基準地震動Ssの策定結果、施設の耐震安全性評価のうち主要な施設の評価結果をとりまとめました。

3. 中間報告書の概要

【中間報告のポイント】

①耐震指針改訂のポイント(敷地近傍の精度の高い詳細な調査の実施、耐震設計上考慮する活断層の評価年代の拡張)を踏まえた地質調査を行い、これまでのデータを補完・拡充しました。さらに、敷地周辺海域の海上音波探査の実施により、更なるデータ拡充に取り組んでいます。

②基準地震動Ssの策定に当たっては、新耐震指針に基づき不確かさを考慮した地震動評価を行いました。

③基準地震動Ssにより、原子炉建屋や原子炉圧力容器など安全上重要な機能を有する耐震クラスの主要な施設の耐震解析を実施し、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

(1) 地質調査結果の概要

a. 調査内容

耐震設計審査指針(新耐震指針)に照らして、これまで実施してきた地質調査に加えて、陸域でより詳細な空中写真判読、地震地質調査等を実施、海域は他機関の音波探査記録解析、高精度のマルチチャンネル方式等による海上音波探査等を実施しました。なお、東海第二発電所に敷地が隣接している(独)日本原子力研究開発機構と協同して地質調査を実施しております。

b. 調査結果

(a) 陸域

敷地への影響が大きい断層としては関谷断層及び関東平野北西縁断層帯があり、両断層について第四紀後期更新世以降の活動を考慮し、断層長さはそれぞれ40km及び82kmと評価しました。

(b) 海域

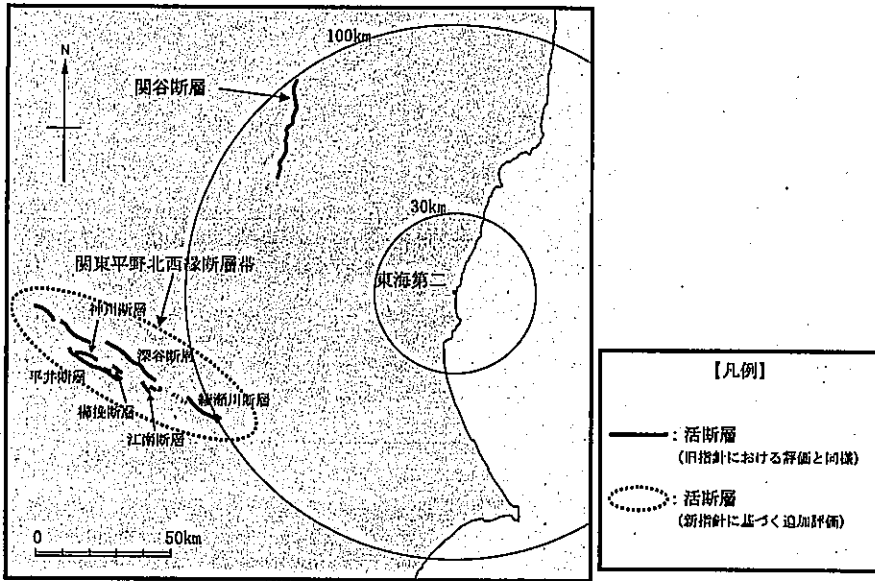
音波探査の記録を解析した結果、断層が10本並びに背斜構造が4本確認されましたが、このうち断層6本及び背斜構造4本については第四紀後期更新世以降に活動はないと判断しました。残りの4本(①~④)については、断層が海底面付近まで及んでいます。断層が確認された地点は海底面まで古い地層で覆われており、また、いずれの断層も正断層の形態であること、海底面付近の変位量は小さいことなどから、古い断層であって、現在の応力場からすると今後も地震を発生させるような断層ではないと考えられます。

c. 活断層の評価

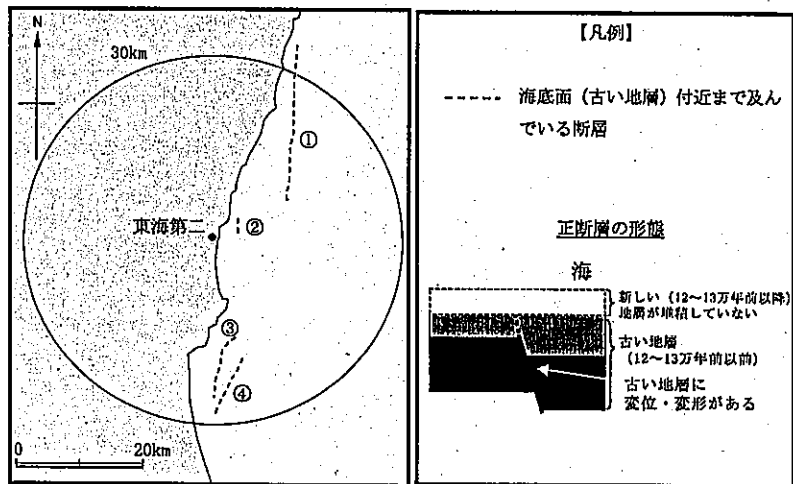
- ・地質調査の結果、関谷断層及び関東平野北西縁断層帯を活断層として考慮し、基準地震動設定に反映しました(なお、基準地震動策定にあたっては、敷地への影響の大きい関東平野北西縁断層帯を選定しております)。
- ・関東平野北西縁断層帯は、地震調査委員会の評価等を踏まえ複数の断層が連続して活動することを考慮しました。

新旧指針に基づいた活断層の評価

断層名	新指針における評価		旧指針における評価		変更理由
	断層長さ L	マグニチュード M	原子炉設備許可申請書 に記載の断層長さ	マグニチュード M	
関谷断層	40km	7.5	40km	7.5	変更なし
関東平野北西縁断層帯	82km	8.0	個別の断層として考慮		複数の断層の連続を考慮



地質調査範囲及び考慮する活断層位置



海域の地質調査結果

(2) 基準地震動 S_s の策定結果の概要

新耐震指針に基づき、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」の検討を行い、基準地震動 S_s の策定を行いました。

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」については、地質調査・地震調査の結果に基づき、地震の分類を行った上で、敷地への影響が大きい検討用地震を複数選定し、「応答スペクトルに基づく手法」および「断層モデルを用いた手法」により、不確かさも考慮した評価を行いました。「震源を特定せず策定する地震動」については、最新の知見に基づき、敷地の地盤物性を加味して検討を行いました。

a. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動評価

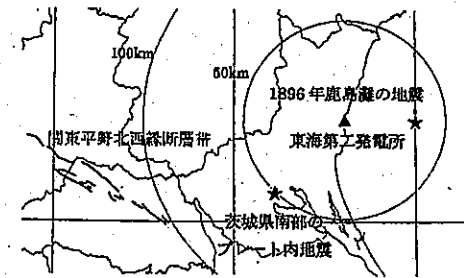
調査結果に基づく条件に加えて、より安全側の評価となる条件も設定して地震動評価(不確かさの考慮*)を行いました。

- ・応答スペクトルに基づく手法
- ・断層モデルを用いた手法

*1: 例えば、断層面の位置やアスペリティ(特に大きな揺れを生じさせる場所)を敷地に厳しく配設すること、地震の破壊が開始する場所を変えて計算すること(断層モデルのみ)など

検討用地震(敷地への影響の大きい地震として選定)			
地震の分類	検討用地震	M ^{※2}	震源距離 ^{※3}
プレート間地震	1896年鹿島灘の地震	7.3	59km
海洋プレート内地震	茨城県南部のプレート内地震 ^{※4}	7.3	66km
活断層による地震	関東平野北西縁断層帯 ^{※5, ※6}	8.0	125km

※2: マグニチュード
 ※3: Noda, et al. (2002) の手法による特徴震源距離
 ※4: 中央防災会議の知見に基づく
 ※5: 地震調査研究推進本部の知見に基づく
 ※6: 関東平野北西縁断層帯による敷地への影響については、地震の規模(M)と震源距離から、茨城県南部のプレート内地震による影響を下回る。



選定した検討用地震の位置

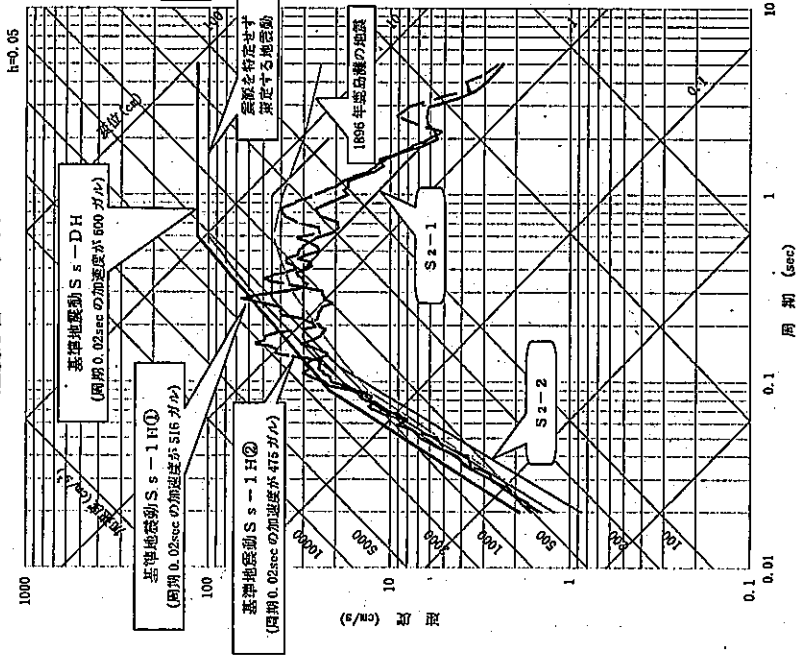
b. 震源を特定せず策定する地震動評価

加藤ほか(2004)論文「震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベル」による応答スペクトル(最大加速度 450 ガル)を基に、東海第二発電所敷地地盤の物性を加味して策定しました。

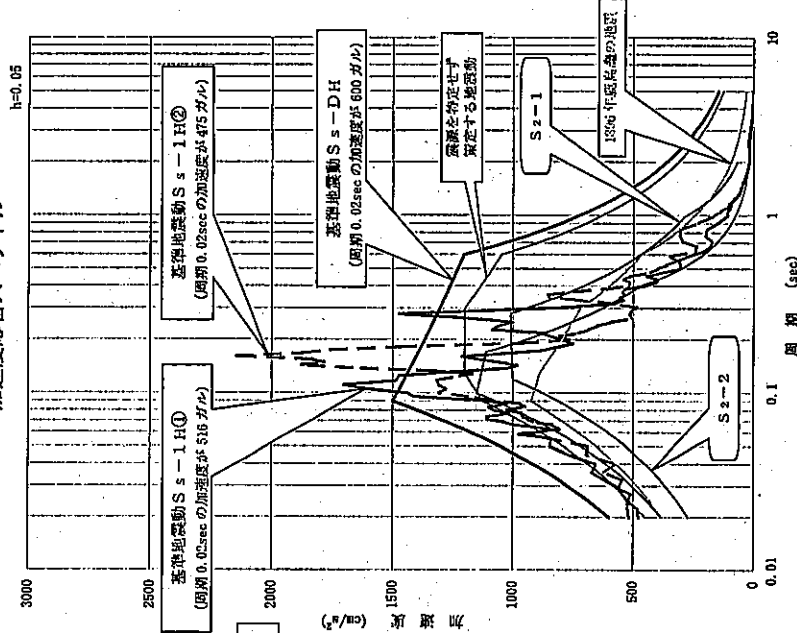
c. 基準地震動 S_s のまとめ

- ・応答スペクトルに基づく手法による評価結果から、震源を特定して策定する地震動のうち敷地への影響が最大となる「1896年鹿島灘の地震」と、震源を特定せず策定する地震動を上回るものとして、「基準地震動 S_s-DII①(600ガル)」を設定しました。
- ・断層モデルを用いた手法により、「基準地震動 S_s-IⅡ①(516ガル)」と「基準地震動 S_s-IⅡ②(475ガル)」を設定しました(いずれも「1896年鹿島灘の地震」による地震)。

速度応答スペクトル



加速度応答スペクトル



基準地震動 S_s の応答スペクトル (水平動)

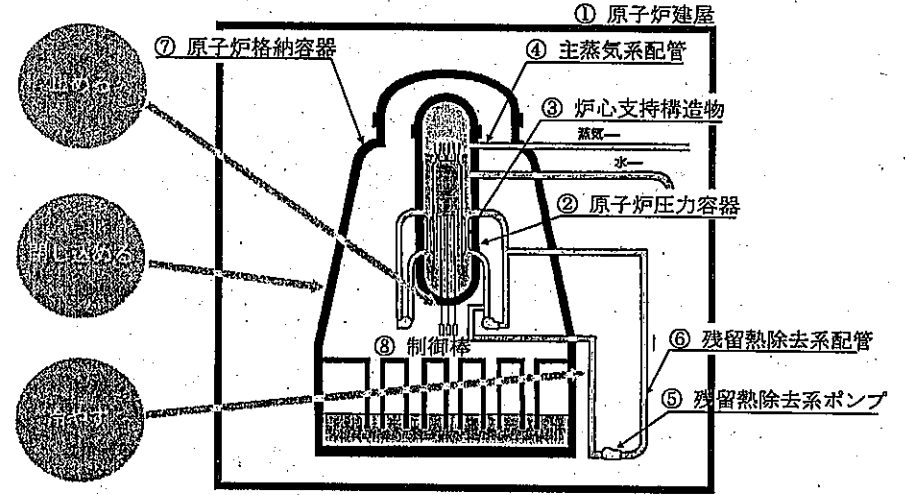
(3) 主要施設の耐震安全性評価結果の概要

基準地震動 S_s に対する耐震安全性評価は、今回の中間報告においては、耐震安全性評価実施計画書で計画した評価対象設備等のうち、原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有する耐震 S クラスの主要な施設について実施しました。

その結果、いずれの施設も基準地震動 S_s に対し安全機能が保持されることを確認しました。

今回の評価施設

原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係る主要な 8 施設

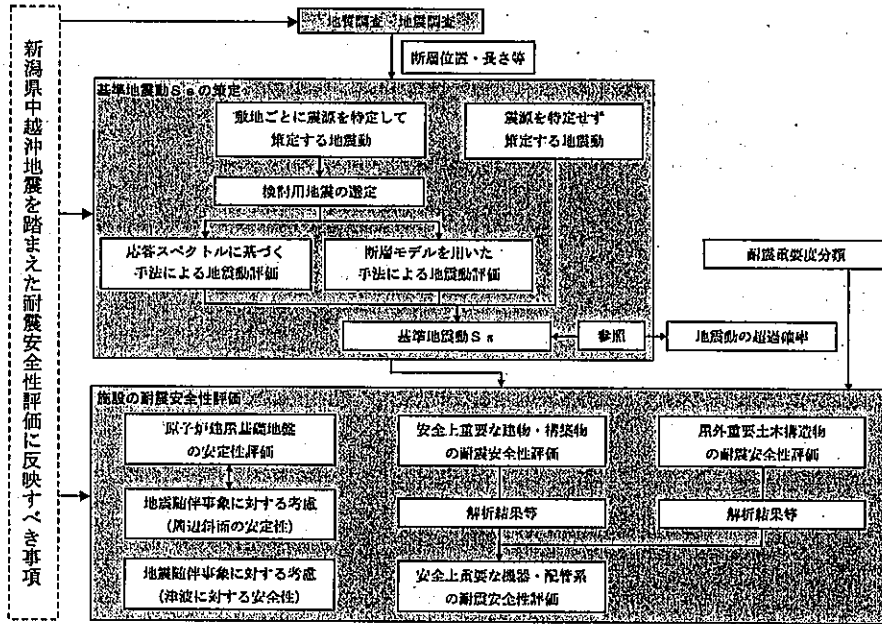


評価結果

施設	評価部位	評価内容(単位) ^{※2}	発生値	評価基準値 ^{※1}	判定
① 原子炉建屋	耐震壁	せん断ひずみ	0.323×10 ⁻³	2.0×10 ⁻³	○
② 原子炉圧力容器	基礎ボルト	応力 (MPa)	132	458	○
③ 炉心支持構造物	シラウトサポート	応力 (MPa)	224	250	○
④ 主蒸気系配管	配管	応力 (MPa)	211	345	○
⑤ 残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	応力 (MPa)	46	176	○
⑥ 残留熱除去系配管	配管	応力 (MPa)	175	335	○
⑦ 原子炉格納容器	ドライウエル	応力 (MPa)	29	380	○
⑧ 制御棒	挿入性 ^{※3}	相対変位 (mm)	6.8	80	○

※1：評価基準値とは、基準地震動 S_s に対する耐震安全性を確認するための許容値で、各学協会規格等に準拠した値もしくは試験等で妥当性が確認された値です。
 ※2：せん断ひずみの値は、建物の階ごとに評価しており、各階ごとの耐震壁頂部の変形を各階ごとの耐震壁の高さで除した値です。
 ※3：挿入性とは、原子炉の緊急停止時に制御棒が基準時間以内に挿入できることをいいます。評価においては、基準地震動 S_s に対する燃料集合体の相対変位が、予め試験で基準時間以内で挿入が確認された燃料集合体相対変位以下であることを確認します。

東海第二発電所周辺海域における地質調査の継続について



【耐震安全性評価の手順】

東海第二発電所周辺の地質・地質構造に関するデータ拡充の観点から、敷地を中心とした半径約30kmの範囲において、平成19年12月から海上音波探査を実施しています。

今回の調査に関しては、現在までに沿岸約10kmの範囲までの調査が完了しており、これに他機関の実施した海上音波探査記録の再解析結果を加えることにより、敷地を中心とした半径約30kmの範囲の地質・地質構造について評価を行い、基準地震動Ssの策定に反映しています。

このような状況から、当社としては耐震安全性評価に必要なデータは取得できていると考えていますが、海象条件から当初計画の沖合部の調査が全て実施できていないことや、耐震安全性評価結果の中間報告書で評価した沿岸約10km範囲の断層構造に係る評価を補足するために、引き続き、調査を継続して実施してまいります。

1. 調査範囲

- ①沖合部の調査(当初計画分を継続実施)
- ②沿岸10km範囲内の補足調査

2. 調査期間

平成20年9月頃まで (海象条件等により変更があり得る。)

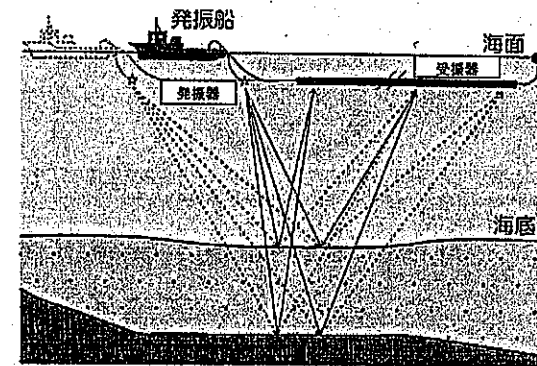
3. 調査手法

現在までに実施した調査と同様に、高精度のマルチチャンネル方式等による海上音波探査[※]により実施します。
 ※発振器から海中に音波を発振し、海底下の地層中で反射して戻ってきた音波を受振器で捉えて、海底下の地質構造を調査する方法。

【東海第二発電所の耐震安全性評価実施工程】

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度
地質調査			▽H20.3 ▽H20.9 ※	
耐震安全性評価			H20.3 ▽中間報告	H20.12 ▽最終報告

※：海域の地質調査の継続。海象条件等により変更があり得る。

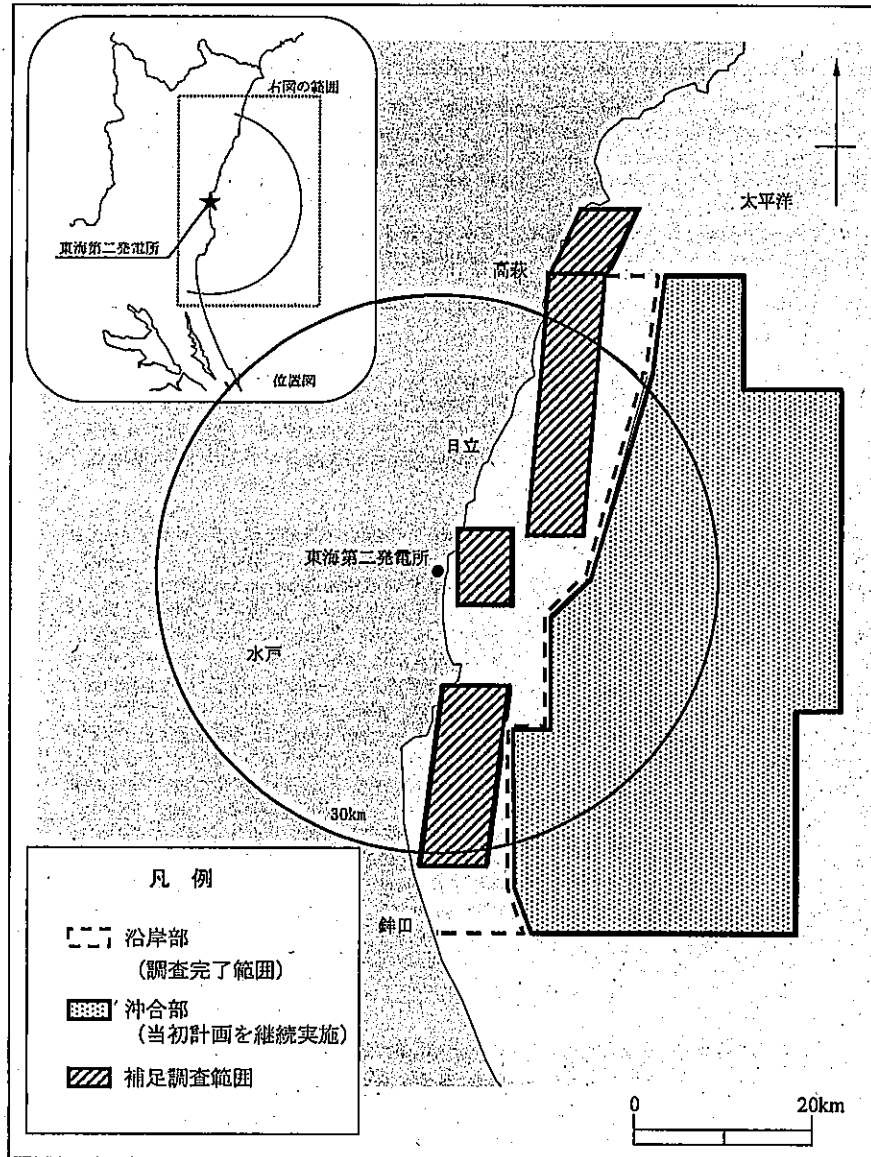


海上音波探査概要図

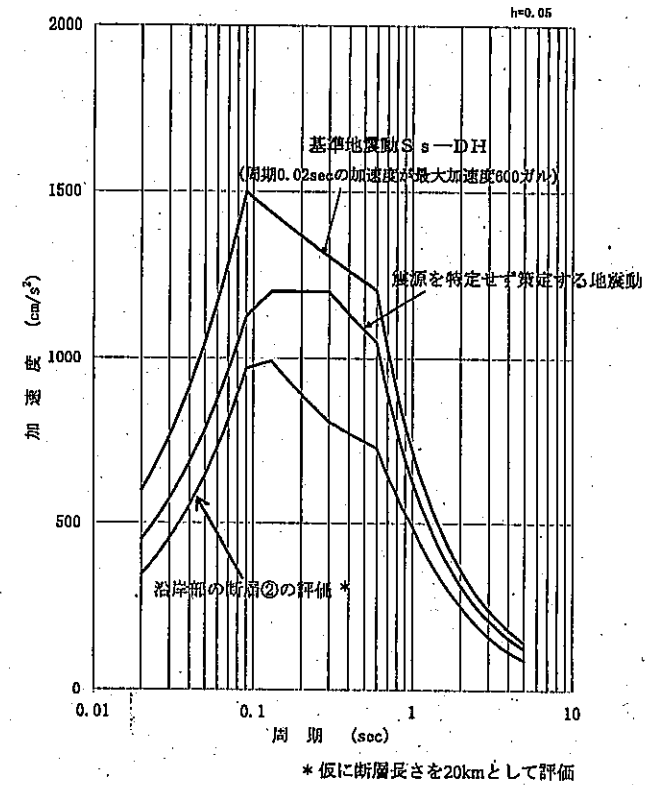
海域断層の影響検討

敷地周辺の海域調査において確認された海底地（古い地層）付近まで及んでいる4本の断層について、基準地震動 S_s への影響を検討しました。

なお、4本のうち、敷地への影響が最も大きいものは断層②であり、本断層の地震動は、応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $S_s - DH$ に包絡されることを確認しました。



調査範囲



* 仮に断層長さを20kmとして評価

(別添5-2)

平成20年3月31日

日本原子力発電(株)

敦賀発電所

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う

耐震安全性評価結果 中間報告書の概要

(敦賀発電所3、4号機安全審査における追加調査報告書の概要を含む)

1. はじめに

平成18年9月19日、原子力安全委員会において、新しい「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下「新耐震指針」という。)が決定され、これに伴い、同年9月20日、経済産業省原子力安全・保安院(以下「保安院」という。)より、稼働中の発電用原子炉施設について、新耐震指針に照らした耐震安全性評価を実施し、報告するよう指示を受けました。

当社は、この指示に基づき、敦賀発電所1、2号機の耐震安全性評価実施計画書を作成し、同年10月18日、保安院に提出し、同計画書に基づき、耐震安全性評価を実施していくこととしました。

その後、新潟県中越沖地震を踏まえて、経済産業大臣より、新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映し、また、確実に、しかし、可能な限り早期に評価を完了する旨の指示(平成19年7月20日)があるとともに、平成19年12月27日には、保安院より、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項(中間とりまとめ)の通知がありました。

これらを踏まえ、本日、地質調査結果、基準地震動 S_s の策定結果、1、2号機における主要施設の評価結果など、これまで実施してきた耐震安全性評価に関する中間報告をとりまとめ、保安院に提出いたしました。中間報告の概要は、以下のとおりです。

今後は、今回提出した中間報告の内容について国の確認を受けていくとともに、別紙1に示す耐震安全性評価の実施工程に従い最終報告に向けて、引き続き評価を進めてまいります。

なお、中間報告のうち地質調査結果の内容については、敦賀発電所3、4号機増設に係る安全審査の過程において、保安院より平成17年2月22日に指示を受けて実施し、その結果をとりまとめて本日保安院に提出した「敦賀発電所3号及び4号炉の安全審査に係る追加調査報告書」の内容を反映したものです。

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ

耐震安全性評価は、保安院の指示に従い、別紙1に示す耐震安全性評価の手順で実施しています。今回の中間報告では、これらのうち、地質調査の結果(地質調査、地震調査)、基準地震動 S_s の策定結果、施設の耐震安全性評価のうち主要な施設の評価結果をとりまとめました。

3. 中間報告書の概要

【中間報告のポイント】

- ①より詳細な調査によるデータの拡充や最新の手法による精度の高いデータに基づき、新耐震指針の趣旨等を踏まえ、最新の知見に基づく考え方を適用して、より一層信頼性の高い活断層評価を行いました。
- ②基準地震動 S_s の策定に当たっては、近接する活断層を一連のものとするなど地震の規模を安全側に設定し、また、新耐震指針に基づき不確かさを考慮した地震動評価を行いました。
- ③基準地震動 S_s により、原子炉建屋や原子炉圧力容器など安全上重要な機能を有する耐震 S クラスの主要な施設の耐震解析を実施し、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

(1) 地質調査結果の概要

a. 調査内容

調査については、敦賀発電所3、4号機増設(平成16年3月30日原子炉設置変更許可申請)の安全審査において、敦賀発電所の敷地周辺の活断層に係るデータを一層拡充することによって安全審査に万全を期すことを目的とし、原子力安全・保安院から指示を受けた追加調査(平成17年2月22日指示)を実施するとともに、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂(新耐震指針)を踏まえ、敷地近傍において地質調査を実施しました。

これらの調査については、近年実用化・改良された調査方法も用いて、これまでよりも精度の高い調査を実施しました。なお、敷地近傍の調査に当たっては、関西電力株式会社及び独立行政法人日本原子力研究開発機構と協同して実施しました。

b. 調査結果

(a) 活断層の評価

断層の評価に当たっては、より詳細で精度の高いデータを基に、最新の知見に基づく考え方を適用して、より一層信頼性の高い活断層評価を行いました。

調査データについては、敦賀3、4号機申請時までの調査、追加調査、敷地近傍調査、他機関による調査等により、より詳細な調査によるデータを拡充するとともに、最新の手法による精度の高いデータを用いました。

また、断層評価の考え方については、①断層が数多く近接する地域なので、敷地周辺全体を総合的に検討し、②新耐震指針に基づき、「変動地形学的観点^{※4}」「地下構造の状況^{※5}」を重視した検討を行いました。

※4：断層運動によって形成された地形を変動地形という。「変動地形学的観点」を重視した検討とは、現在見られる地形が断層運動によるものか否かを地形の発達過程も踏まえて行う検討。

※5：「地下構造の状況」を重視した検討とは、地表付近の断層の連続・不連続の状況のみならず、地下での断層の連続の可能性も考慮し、一連で活動する断層の範囲を検討すること。

(b) S_s 策定のための評価長さ

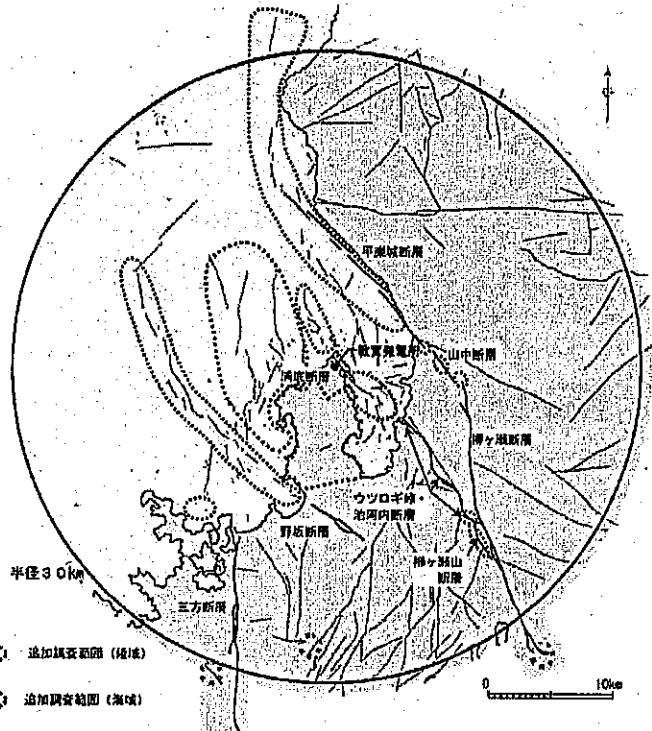
基準地震動 S_s の策定に当たっては、本地域は活断層が数多く近接して分布する地域であるため、今回評価した活断層のうち、いくつかのものについては一連として評価長さを設定しました。

<追加調査の指示内容>

1. 甲斐盆地層、山中層、柳ヶ瀬層の活動性、連続性等
詳細地表地質調査、ボーリング調査、はぎとり調査、海上音波探査等
2. 浦底層、ウツロギ峠・池河内層、柳ヶ瀬山層の活動性、連続性等
ボーリング調査、トレンチ調査、電気探査、反射法地震探査、詳細地表地質調査、海上音波探査、海底地形面調査、海上ボーリング調査等
3. 野坂層の海域への連続性 海上音波探査
4. 三方層の海域への連続性 海上音波探査

<新耐震指針の改訂ポイント>

1. より入念な活断層調査
特に敷地近傍において精度の高い詳細な調査
2. 活断層の認定基準の変更
5万年前以降の活動の有無→後期更新世以降(約12~13万年前以降)の活動の有無



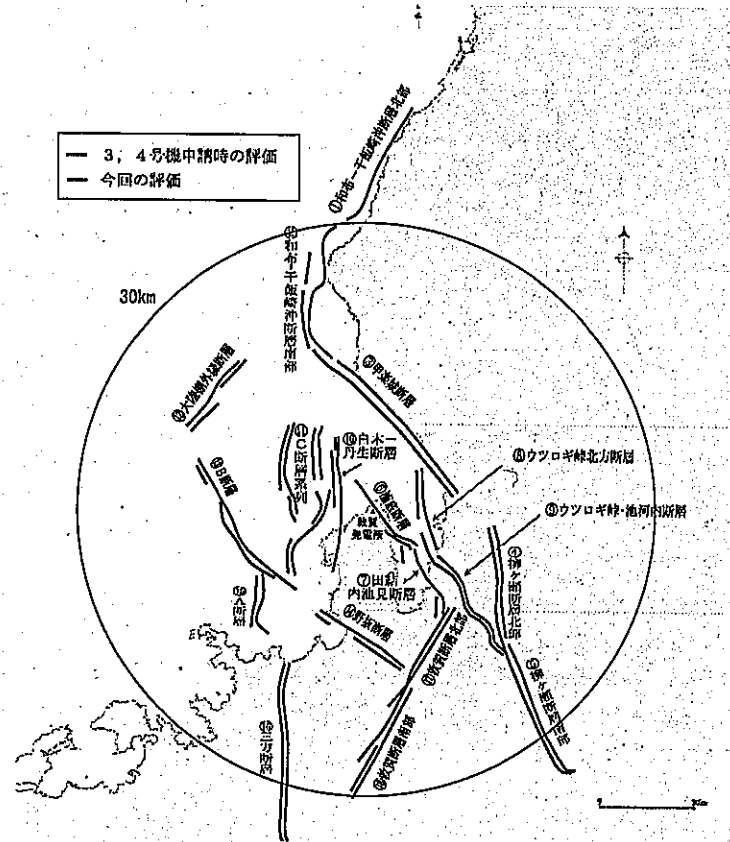
- 追加調査範囲 (陸域)
- 追加調査範囲 (海域)
- 敷地近傍調査
- 補足調査(新耐震指針を踏まえて敷地近傍以外で実施)

申請時の調査により確認している断層
追加調査指示に該当する断層
(注) 延長及び古い情報のすべてを参照。

<調査内容>

陸域: 文献調査、変動地形調査、詳細地表地質調査、反射法地震探査、電気探査、ボーリング調査、トレンチ調査等
海域: 文献調査、海上音波探査、海底地形面調査、海上ボーリング調査等

— 3; 4号機申請時の評価
— 今回の評価



<活断層評価の概要>

活断層 ^{※6}	旧指針		新耐震指針	
	3, 4号機申請時の評価	今回の評価	変更理由	
①和布一干飯崎沖断層北部	—	16km	これまででは敷地から30km程度の範囲までを調査していたが、文献の推定断層の存否を確認するため、調査範囲を拡張。高精度の海上音波探査の結果、活断層が北方まで連続するものと評価。(変動地形からは、東側の山地を上昇させる活断層が北方まで推定される)	
②和布一干飯崎沖断層南部	3.6km 8.1km	17km	高精度の海上音波探査の結果、2本の活断層が連続する活断層と評価。活断層は、変動地形学的検討、地下構造の状況も踏まえ、北方及び南方に延長するものと評価。	
③甲楽城断層	21km	19km	高精度の海上音波探査結果に基づき、変動地形学的検討、地下構造の状況も踏まえ、断層の北端部は、和布一干飯崎沖断層に含まれるものと評価。	
④柳ヶ瀬断層北部	28km	13km	詳細地質地質調査、反射法地殻探査等の結果、これまでと同様の評価。 (北部と南部で走向や活動時期に違いが認められるため2つに区分)	
⑤柳ヶ瀬断層南部		16km		
⑥浦底断層	3.6km (南方海域)	10km	これまで後期更新世以降の活動が認められていたことから、新耐震指針に照らすと考慮対象の活断層。新たに実施したトレンチ調査等でも再確認。高精度の海上音波探査の結果から、北方及び南方の海域活断層に連続する活断層と評価。	
⑦田結・内池見断層	2.5km 2km	10km	高精度の海上音波探査結果、変動地形学的検討、地下構造の状況も踏まえ、海域と陸域の活断層は連続するものと評価。(走向や断層のずれの方向などが類似)	
⑧ウツロギ峠北方断層	5.8km	11km	高精度の海上音波探査の結果、南方海域の海域活断層と連続する活断層であると評価。	
⑨ウツロギ峠・池河内断層	16km	13km	高精度の海上音波探査結果、変動地形学的検討も踏まえ、海域と陸域の活断層は異なる活断層と評価。(走向や断層のずれの方向などが異なる)	
⑩白木一丹生断層	2.4km (北方海域) 6.4km (北方海域)	15km	トレンチ調査等で後期更新世以降の活動を新たに確認。高精度の海上音波探査結果、変動地形学的検討、地下構造の状況も踏まえ、北方及び南方の海域活断層に連続すると評価。	
⑪C断層系列	3.1~7.9km	7~11km	高精度の海上音波探査の結果から、一部で長さが変更となり、3つの活断層として評価。	
⑫大鹿棚外縁断層	5.4km 5.1km	10km	高精度の海上音波探査結果、他機関の海上音波探査記録の再解析結果から、2本の活断層が連続する活断層と評価。	
⑬B断層	4.3km 10.7km	19km	高精度の海上音波探査の結果、2本の活断層が連続する活断層と評価。活断層は、変動地形学的検討、地下構造の状況も踏まえ、南方に延長するものと評価。	
⑭野坂断層	7.3km 2.1km	12km	高精度の海上音波探査の結果、変動地形学的検討、地下構造の状況も踏まえ、陸域と海域の活断層は連続するものと評価。	
⑮A断層	6.1km	7km	高精度の海上音波探査の結果、活断層は南方に延長するものと評価。	
⑯三方断層	19km	19km	変更なし	
⑰敦賀断層北部	18km	11km	活断層の認定基準の変更に伴い、詳細地質地質調査を実施し、地下構造の状況も踏まえ、活断層は南方に延長するものと評価。 (北部と南部で走向などに違いが認められるため2つに区分)	
⑱敦賀断層南部	6km	13km		

※6：後期更新世以降(約12~13万年前以降)に活動したと判断される活断層。
追加調査の指示にあった山中断層、柳ヶ瀬山断層については、3, 4号機申請時の評価と同様に、考慮対象外と評価。

<活断層評価の概要のまとめ>

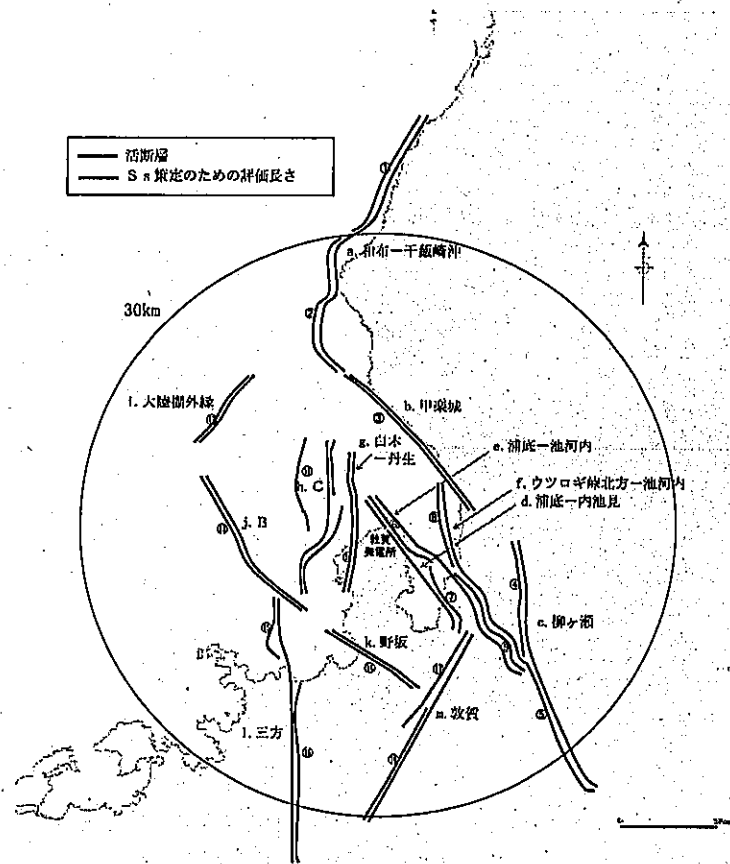
活断層評価の概要のまとめを以下に示します。

変更理由

1. 改訂指針で活断層の評価対象期間が5万年前以降から後期更新世以降(約12~13万年前以降)となったことに伴う変更
2. 改訂指針で地球物理学的調査や地下構造を踏まえた評価の重要性が明記されたため、性状の類似した近接する断層群を一連としたことによる変更
3. 改訂指針で変動地形学的調査の重要性が明記されたため、これらの調査結果に基づく変更
4. 詳細地質地質調査やトレンチ調査等のより入念な調査結果に基づく変更
5. 最新の調査技術を用いた高精度(高密度、高分解能)の海上音波探査の結果等に基づく変更

活断層 ^{※6}	旧指針		新耐震指針	
	3, 4号機申請時の評価	今回の評価	変更理由	
①和布一干飯崎沖断層北部	—	16km	2, 3, 5	
②和布一干飯崎沖断層南部	3.6km 8.1km	17km	2, 3, 5	
③甲楽城断層	21km	19km	2, 3, 5	
④柳ヶ瀬断層北部	28km	13km	3	
⑤柳ヶ瀬断層南部		16km		
⑥浦底断層	3.6km (南方海域)	10km	1, 2, 3, 4, 5	
⑦田結・内池見断層	2.5km 2km	10km	2, 3, 5	
⑧ウツロギ峠北方断層	5.8km	11km	2, 3, 5	
⑨ウツロギ峠・池河内断層	16km	13km	2, 3, 5	
⑩白木一丹生断層	2.4km (北方海域) 6.4km (北方海域)	15km	2, 3, 4, 5	
⑪C断層系列	3.1~7.9km	7~11km	2, 3, 5	
⑫大鹿棚外縁断層	5.4km 5.1km	10km	2, 3, 5	
⑬B断層	4.3km 10.7km	19km	2, 3, 5	
⑭野坂断層	7.3km 2.1km	12km	2, 3, 5	
⑮A断層	6.1km	7km	5	
⑯三方断層	19km	19km	変更なし	
⑰敦賀断層北部	18km	11km	1, 2, 3, 4	
⑱敦賀断層南部	6km	13km		

※6：後期更新世以降(約12~13万年前以降)に活動したと判断される活断層。
追加調査の指示にあった山中断層、柳ヶ瀬山断層については、3, 4号機申請時の評価と同様に、考慮対象外と評価。



<Ss 策定のための評価長さの設定の主な考え方>

- 地形の状況（変動地形）：一連の地形を形作ってきたと判断される場合、関連する活断層を一連としました。
- 3次元的に見た断層の地下でのつながり（地下構造）：活断層が地下で不連続ではなく、断層面の走向・傾斜などが類似していると判断される場合、一連としました。
- 断層のずれ量：活断層による地層のずれ量が終息傾向にないと判断される場合、近接する活断層と一連としました。

<Ss 策定のための評価長さの概要>

活断層	Ss 策定のための評価長さ	長さ	設定根拠
①和布一干飯崎沖断層北部	a. 和布一干飯崎沖	32km	2つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向（東側隆起の逆断層）が類似し、沿岸部の海成段丘面も一連で隆起していることから、一連として評価。
②和布一干飯崎沖断層南部			
③甲楽城断層	b. 甲楽城	19km	※7
④柳ヶ瀬断層北部	c. 柳ヶ瀬	28km	2つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向（左横ずれ断層）が類似していることから、一連として評価（これまでの評価と同様）。
⑤柳ヶ瀬断層南部			
⑥浦底断層	d. 浦底一内池見 o. 浦底一池河内 f. ウツロギ峠北方一池河内	18km	これらの活断層は近接しており、海底地層を台地状に隆起させていることからお互いに関連するものと考え、台地状の高まりに見られる西側の活断層群、東側の活断層群、及び走向・傾斜などが類似する浦底断層とウツロギ峠・池河内断層を、それぞれ一連として評価。
⑦田結・内池見断層		25km	
⑧ウツロギ峠北方断層		23km	
⑨ウツロギ峠・池河内断層			
⑩白木一丹生断層	g. 白木一丹生	15km	※7
⑪C断層系列	h. C	18km	3つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向（東側隆起の逆断層）も類似することから、一連として評価。
⑫大陸棚外縁断層	i. 大陸棚外縁	10km	※7
⑬B断層	j. B	19km	※7
⑭野坂断層	k. 野坂	12km	※7
⑮A断層	l. 三方	27km	2つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向（東側隆起の逆断層）も類似することから、一連として評価。
⑯三方断層			
⑰教賀断層北部	m. 教賀	23km	2つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向（右横ずれ断層）も類似することから、一連として評価。
⑱教賀断層南部			

※7：活断層と同じ区間であるもの

＜耐震安全性評価において考慮した主な活断層＞

今回の評価			これまでの評価	
断層名	断層長さ L	マグニチュード M ^{※1}	断層長さ L ^{※2}	マグニチュード M ^{※3}
a 和布一干飯崎沖	約 32km	7.3	**	—
b 甲斐城	約 19km	6.8	21km	7.0
c 柳ヶ瀬	約 28km	7.0	28km	7.2
d 浦底一内池見	約 18km	6.9 ^{※4}	**	—
e 浦底一池河内	約 25km	6.9	**	—
f ウツロギ峠北方一池河内	約 23km	6.9	16km	6.8
g 白木一丹生	約 15km	6.9 ^{※6}	**	—
h C	約 18km	6.9	**	—
i 大庭棚外縁	約 10km	6.8 ^{※5}	**	—
j B	約 19km	6.8	**	—
k 野坂	約 12km	6.8 ^{※6}	**	—
l 三方	約 27km	7.1	19km	7.0
m 敦賀	約 23km	6.9	18km	6.9

- ※1：断層面を想定して断層面積からマグニチュードを算出。
- ※2：表中の「**」…断層長さから距離を考慮すると敷地に与える影響は小さいと評価。
- ※3：松田式（断層の長さからマグニチュードを関係づける経験式）によりマグニチュードを算出。
- ※4：浦底一内池見については、断層面積から算出される地震規模はM6.8であるが、検討用地震として選定した中で敷地から最も近い場所が存在する活断層であることから、より安全側の評価となるように、M6.9の地震規模を想定。
- ※5：新潟県中越沖地震の知見を踏まえた反映すべき事項の通知において短い活断層による地震の想定は少なくともマグニチュード6.8相当の地震規模を想定することが記載されていることを受け反映。白木一丹生については、敷地への影響の観点から長さを20kmとし、より安全側の評価となるように、M6.9の地震規模を想定。

 ：検討用地震として選定し、地震動評価を実施したもの。
 ：短い活断層の中で最も敷地への影響が大きいものとして地震動評価を実施したもの。

(2) 基準地震動S_sの策定結果の概要

新耐震指針に基づき、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」の検討を行い、基準地震動S_sの策定を行いました。

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」については、地質調査・地震調査の結果に基づき、地震の分類を行った上で、敷地への影響が大きい検討用地震を複数選定し、「応答スペクトルに基づく手法」および「断層モデルを用いた手法」により、不確かさも考慮した評価を行いました。また、「短い活断層」については、地震の規模を安全側に設定して評価を行いました。「震源を特定せず策定する地震動」については、最新の知見に基づき、敷地の地盤物性を加味して検討を行いました。

a. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

調査結果に基づく条件に加えて、より安全側の評価となる条件も設定して地震動評価（不確かさの考慮^{※1}）を行いました。また、孤立した短い活断層については、地震の規模を、少なくともマグニチュード6.8相当として安全側に評価しました。

- ・応答スペクトルに基づく手法
- ・断層モデルを用いた手法

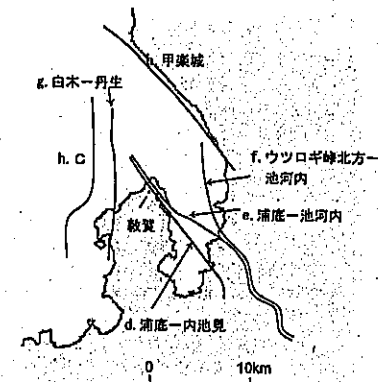
※1：例えば、地下の地震発生層の上端を安全側になるように深くすること、地震の破砕が開始する場所を変えて計算すること（断層モデルのみ）など。

活断層	M ^{※2}	震源距離 ^{※3}
b 甲斐城	6.8	11.7km
d 浦底一内池見	6.9	8.5km
e 浦底一池河内	6.9	9.1km
f ウツロギ峠北方一池河内	6.9	10.9km
h C	6.9	9.1km

※2：マグニチュード。断層面を想定して断層面積から算出。
 ※3：浦底一内池見については、断層面積から算出される地震規模はM6.8であるが、検討用地震として選定した中で敷地から最も近い場所が存在する活断層であることから、より安全側の評価となるように、M6.9の地震規模を想定している。
 ※4：Noda et al. (2002) の手法による特価震源距離。

活断層	M ^{※2}	震源距離 ^{※3}
g 白木一丹生	6.9	10.5km

※2：マグニチュード。断層の面積を想定して算出。
 ※3：白木一丹生については、敷地への影響の観点から長さを20kmとし、より安全側の評価となるように、M6.9の地震規模を想定。
 ※4：Noda et al. (2002) の手法による特価震源距離。

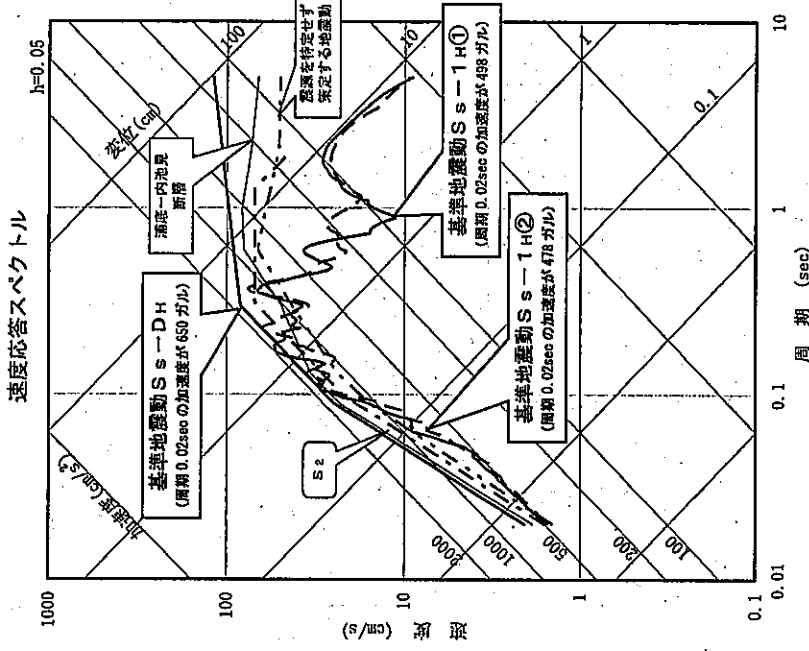
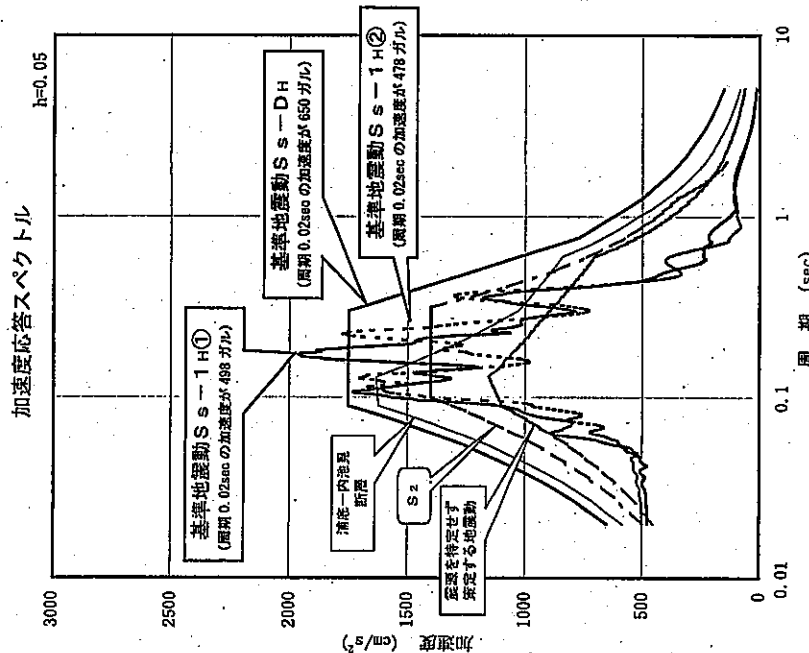


b. 震源を特定せず策定する地震動

震源を特定せず策定する地震動は、地震調査委員会の「震源断層を予め特定しにくい地震」と評価された敷地周辺の過去の地震の分析も行った結果、加藤他（2004）による応答スペクトルを想定することとしました。

c. 基準地震動S_sのまとめ

- ・応答スペクトルに基づく手法による評価結果から、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」として敷地への影響が最大となるのは浦底一内池見断層による地震であり、これと、「震源を特定せず策定する地震動」を上回るものとして、「基準地震動S_s-DH（650ガル）」を設定しました（従来のS_sの約1.3倍）。
- ・断層モデルを用いた手法により、「基準地震動S_s-1H①（498ガル）」と「基準地震動S_s-1H②（478ガル）」を設定しました（いずれも浦底一内池見断層による地震）。



基準地震動 S s の応答スペクトル (水平動)

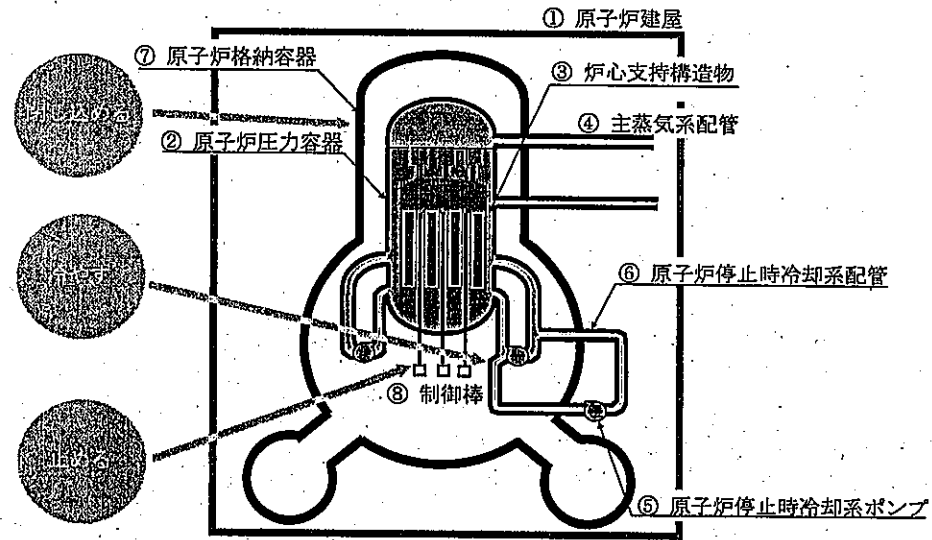
(3) 主要施設の耐震安全性評価結果の概要

基準地震動 S s に対する耐震安全性評価は、今回の中間報告においては、耐震安全性評価実施計画書で計画した評価対象設備等のうち、原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有する耐震 S クラスの主要な施設について実施しました。
その結果、1号機および2号機ともに、いずれの施設も基準地震動 S s に対し安全機能が保持されることを確認しました。

1号機

今回の評価施設

原子炉を「止める」「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係る主要な8施設



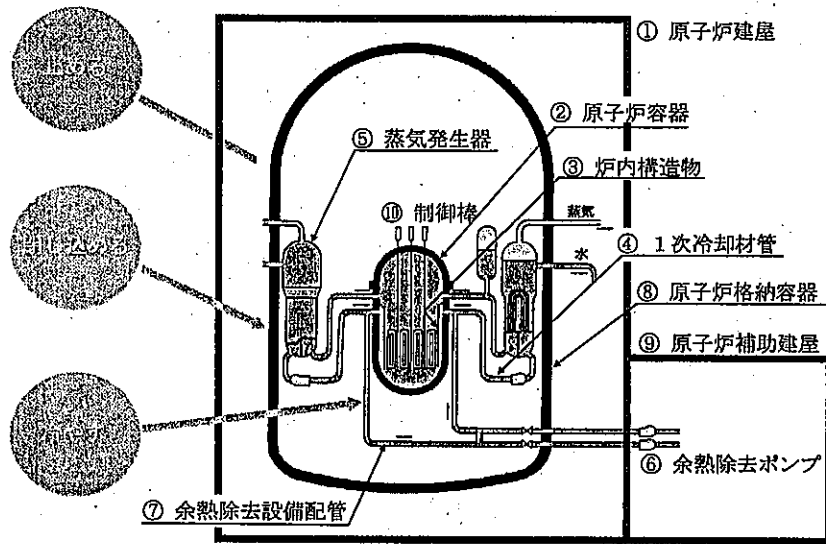
評価結果

施設	評価部位	評価内容(単位) ^{※1}	発生値	評価基準値 ^{※2}	判定
① 原子炉建屋	耐震壁	せん断ひずみ	1.205×10^{-3}	2.0×10^{-3}	○
② 原子炉圧力容器	基礎ボルト	応力 (MPa)	102	207	○
③ 炉心支持構造物	シラウトボルト	応力 (MPa)	233	250	○
④ 主蒸気系配管	配管	応力 (MPa)	224	364	○
⑤ 原子炉停止時冷却系ポンプ	基礎ボルト	応力 (MPa)	12	152	○
⑥ 原子炉停止時冷却系配管	配管	応力 (MPa)	214	363	○
⑦ 原子炉格納容器	ドライウエル	応力 (MPa)	181	332	○
⑧ 制御棒	挿入性 ^{※3}	相対変位 (mm)	46.6	80	○

※1: 評価基準値とは、基準地震動 S s に対する耐震安全性を確認するための許容値で、各学会規格等に準拠した値もしくは試験等で妥当性が確認された値です。
 ※2: せん断ひずみの値は、建物の階ごとに評価しており、各階ごとの耐震壁頂部の変形を各階ごとの耐震壁の高さで除した値です。
 ※3: 挿入性とは、原子炉の緊急停止時に制御棒が基準時間以内に挿入できることをいいます。
 評価においては、基準地震動 S s に対する燃料集合体の相対変位が、予め試験で基準時間以内で挿入が確認された燃料集合体相対変位以下であることを確認します。

今回の評価施設

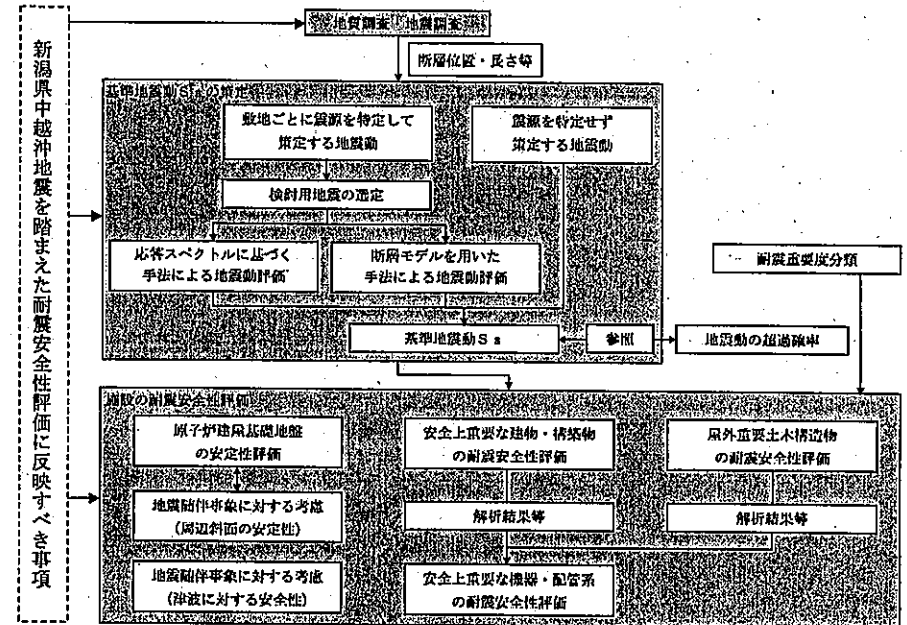
原子炉を「止める」「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」に係る主要な10施設



評価結果

施設	評価部位	評価内容(単位) ^{※2}	発生値	評価基準値 ^{※1}	判定
① 原子炉建屋	耐震壁	せん断ひずみ	0.534×10^{-3}	2.0×10^{-3}	○
② 原子炉容器	支持構造物	応力 (MPa)	228	462	○
③ 炉内構造物	炉心そう	応力 (MPa)	120	391	○
④ 1次冷却材管	配管	応力 (MPa)	128	347	○
⑤ 蒸気発生器	支持構造物	応力 (MPa)	70	155	○
⑥ 余熱除去ポンプ	基礎ボルト	応力 (MPa)	2	210	○
⑦ 余熱除去設備配管	配管	応力 (MPa)	197	361	○
⑧ 原子炉格納容器	耐震壁	せん断ひずみ	0.534×10^{-3}	2.0×10^{-3}	○
⑨ 原子炉補助建屋	耐震壁	せん断ひずみ	0.197×10^{-3}	2.0×10^{-3}	○
⑩ 制御棒	挿入性 ^{※3}	時間 (秒)	2.19	2.5	○

※1：評価基準値とは、基準地震動Ssに対する耐震安全性を確認するための許容値で、各学協会規格等に準拠した値もしくは試験等で妥当性が確認された値です。
 ※2：せん断ひずみの値は、建物の階ごとに評価しており、各階ごとの耐震壁頂部の変形を各階ごとの耐震壁の高さで除した値です。
 ※3：挿入性とは、原子炉の緊急停止時に制御棒が基準時間以内に挿入できることをいいます。



【耐震安全性評価の手順】

【敦賀発電所1, 2号機の耐震安全性評価実施工程】

	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度
地質・地盤調査 ^{※1}		▽H19.9 ※2		
耐震安全性評価		H20.3 ▽中間報告		H21.3 ▽最終報告

※1：敦賀発電所3, 4号機安全審査に係る追加調査についても反映する。
 ※2：補足調査を継続して実施した。

【参考】断層の運動に関する検討

地質調査結果に基づき基準地震動 S_s 策定に当たって設定した活断層長さに加えて、更に安全側の評価として、隣接する断層に破壊が乗り移るような現象も完全に否定できないことから、断層の運動を想定して、念のため施設への影響を検討しました。検討に当たっては、敷地に対する影響の大きさを勘案して運動のケースを想定し、浦底断層+ウツロギ峠・池河内断層+柳ヶ瀬断層南部の運動（以下「本ケース」という。）を対象とした検討を実施しました。

本ケースについて、断層モデルを用いた手法により地震動評価を行なった結果、一部の周期帯において基準地震動 S_s を上回ることとなりました。このため、本ケースの地震動により、1、2号機の安全上重要な機能を有する主要な施設の評価を実施しました。その結果、いずれの施設も本ケースの地震動に対し安全機能が保持されることを確認しました。

【付録】地震調査委員会の知見に係る試算

地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下「地震調査委員会」という。）は、「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の長期評価」（平成16年1月）において、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部の全体が活動する場合には、マグニチュード8.2程度の地震が発生する可能性があるとしています。この地震を仮定して、敦賀発電所の敷地における地震動を試算しました。

その結果について、当社が新耐震指針に基づき策定した基準地震動 S_s-DH と合わせて下図に示します。この図から、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部による地震動は、基準地震動 S_s-DH を下回っていることが確認されます。

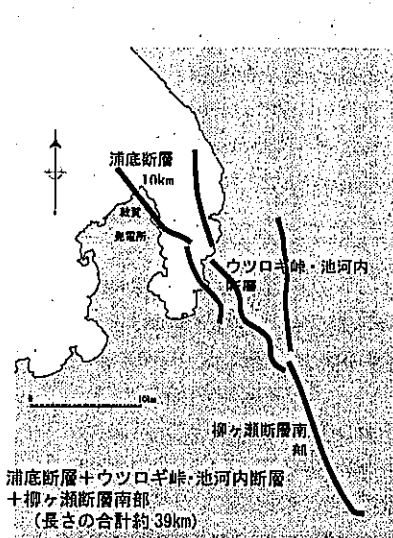


図1 想定した運動ケース

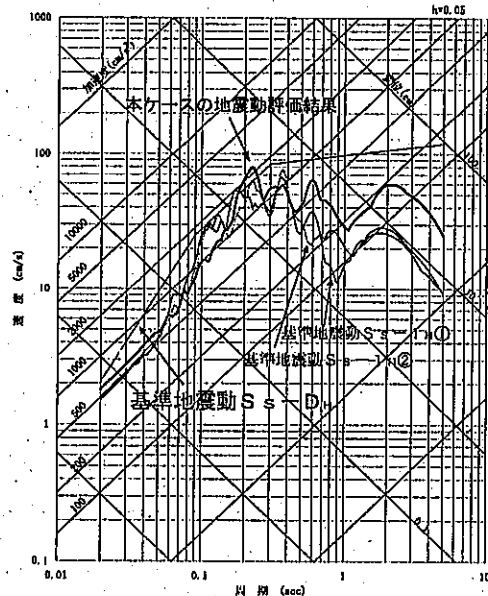


図2 運動ケースの地震動評価結果

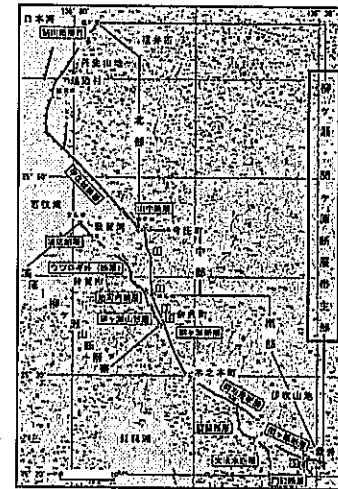


図1 断層帯の位置
「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の長期評価について」
(地震調査委員会, 2005) に加筆

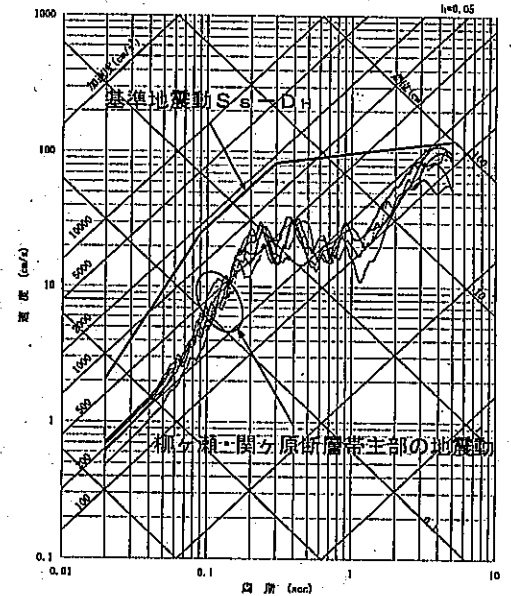


図2 地震調査委員会のケースの地震動評価結果

平成20年3月31日
独立行政法人日本原子力研究開発機構

高速増殖原型炉もんじゅ
「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う
耐震安全性評価結果 報告書の概要

1. はじめに

平成18年9月19日、原子力安全委員会において新しい「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下「新耐震指針」という。)が決定され、これに伴い、同年9月20日、経済産業省原子力安全・保安院(以下「保安院」という。)より、原子力機構が所有する建設中の発電用原子炉施設等について、新耐震指針に照らした耐震安全性評価を実施し報告するよう指示を受けました。

原子力機構は、この指示に基づき、高速増殖原型炉もんじゅ(以下「もんじゅ」という。)の耐震安全性評価実施計画書を作成し、同年10月18日に保安院へ提出し、同計画に基づき、耐震安全性評価を実施してきました。また、昨年12月27日には、保安院より、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項(中間取りまとめ)の通知がありました。

これらを踏まえ、地質調査結果、基準地震動Ssの策定結果、施設等の耐震安全性評価結果など、これまで実施してきた耐震安全性評価に関する報告をとりまとめ、本日、保安院に提出いたしました。

報告の概要は以下のとおりです。

【報告のポイント】

- より詳細な調査によるデータの拡充や最新の手法による精度の高いデータに基づき、新耐震指針の趣旨等を踏まえ、最新の知見に基づく考え方を適用して、より一層信頼性の高い活断層評価を行いました。
- 基準地震動Ssの策定に当たっては、近接する活断層を一連のものとするなど地震の規模を安全側に設定し、また、新耐震指針に基づき不確かさを考慮した地震動評価を行いました。
- 基準地震動Ssにより、原子炉建物や安全上重要な機能を有する耐震Sクラスの施設やナトリウムを内包する主要な設備等の耐震安全性評価を実施し、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

2. 新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ

新耐震指針に照らした耐震安全性評価は、別紙1に示す耐震安全性評価の手順で実施し、新潟県中越沖地震を踏まえた耐震安全性評価に反映すべき事項も踏まえ、評価を行いました。

3. 地質調査の実施

新耐震指針に照らして実施した主な調査項目は以下のとおりです。

なお、「もんじゅ」は、関西電力株式会社の美浜発電所および日本原子力発電株式会社の敦賀発電所と敷地が近いことから、敷地近傍の地質調査・評価は3社が協調して実施してきました。

○ 地質調査の概要

- ① 陸域(敷地、敷地近傍：半径約5kmで敦賀半島地域に相当、敷地周辺：半径約30kmにおいて、必要に応じて以下の調査を組み合わせ実施)
 - ・ 文献調査、変動地形学的調査^{*}、地表地質調査(はぎとり調査含む)、トレンチ調査、ボーリング調査、物理探査等

※:変動地形とは、地震等の地殻変動によってできる特徴的な地形をいう。地形調査・地質調査において、現在見られる地形が活断層運動によるものか否かを、地形の発達過程も考慮して調査・検討を行うことを「変動地形学的調査」という。

- ② 海域(文献調査に加え、以下の調査を実施)
 - ・ 海域において、高分解能な手法、高密度の測線で海上音波探査を実施
 - ・ 過去に実施した音波探査記録及び他機関の記録の再解析

4. 地質調査結果の概要

(1) 活断層の評価

敷地周辺、敷地近傍、敷地の地形、地質、地質構造について、設置許可申請以降の文献を調査するとともに、陸域については、変動地形学的知見を反映して地表地質調査、ボーリング調査、トレンチ調査等を実施しました。海域については、高精度の海上音波探査によって海底の地形、地質構造の調査を行いました。今回の調査を踏まえ新耐震指針の考え方を反映した活断層評価結果を表4-1に示します。なお、図4-1には耐震安全性評価作業着手前に原子力機構が把握していた活断層評価状況(平成16年3月の敦賀3,4号炉増設の設置変更許可申請時における活断層評価)と今回の評価結果を示します。

なお、白木一丹生断層に係る調査結果およびその評価については別紙2に示すとおりです。

(2) Ss策定のための評価長さ

基準地震動Ssの策定に当たっては、本地域は活断層が数多く近接して分布する地域であるため、今回評価した活断層のうち、いくつかのものについては、一連として評価長さを設定しました。表4-2にSs策定のための評価長さの設定結果を、図4-2にSs策定のための活断層評価長さを分布図に示します。また、表4-3には耐震安全性評価において考慮した主な活断層のこれまでの評価との比較を示します。

表 4-1 活断層評価の概要

活断層*	旧指針	新耐震指針	
	バックチェック 着手前の評価	今回の 評価	変更理由
①和布一干飯崎沖断層北部	—	16km	2, 3, 5
②和布一干飯崎沖断層南部	3.6km 8.1km	17km	2, 3, 5
③甲斐川断層	21km	19km	2, 3, 5
④柳ヶ瀬断層北部	28km	13km	3
⑤柳ヶ瀬断層南部		16km	
⑥池底断層	3.6km(北方海域)	10km	1, 2, 3, 4, 5
⑦田結・内池見断層	2.5km 2km	10km	2, 3, 5
⑧ウツロギ峠北方断層	5.8km	11km	2, 3, 5
⑨ウツロギ峠・池河内断層	16km	13km	2, 3, 5
⑩白木一丹生断層	2.4km(北方海域) 6.4km(北方海域)	15km	2, 3, 4, 5
⑪C断層系列	3.1~7.9km	7~11km	2, 3, 5
⑫大陸棚外縁断層	5.4km 5.1km	10km	2, 3, 5
⑬B断層	4.3km 10.7km	19km	2, 3, 5
⑭野坂断層	7.3km 2.1km	12km	2, 3, 5
⑮A断層	6.1km	7km	5
⑯三方断層	19km	19km	変更なし
⑰牧野断層北部	18km	11km	1, 2, 3, 4
⑱牧野断層南部	6km	13km	

※：後期更新世以降（約 12~13 万年前以降）に活動したと判断される活断層。
山中断層、柳ヶ瀬山断層については、バックチェック着手前の評価と同様に、考慮対象外と評価。

変更理由

1. 改訂指針で活断層の評価対象期間が 5 万年前以降から後期更新世以降（約 12~13 万年前以降）となったことに伴う変更
2. 改訂指針で地球物理学的調査や地下構造を踏まえた評価の重要性が明記されたため、性状の類似した近接する断層群を一連としたことによる変更
3. 改訂指針で変動地形学的調査の重要性が明記されたため、これらの調査結果に基づく変更
4. 詳細地表地質調査やトレンチ調査等のより入念な調査結果に基づく変更
5. 最新の調査技術を用いた高精度（高密度、高分解能）の海上音波探査の結果等に基づく変更

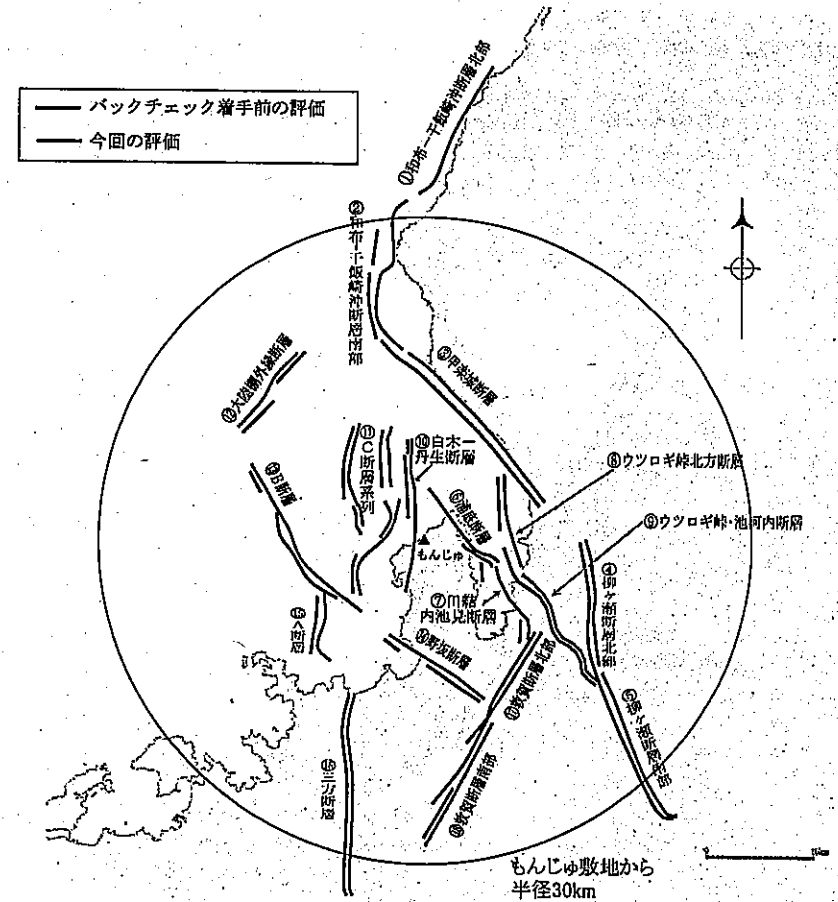
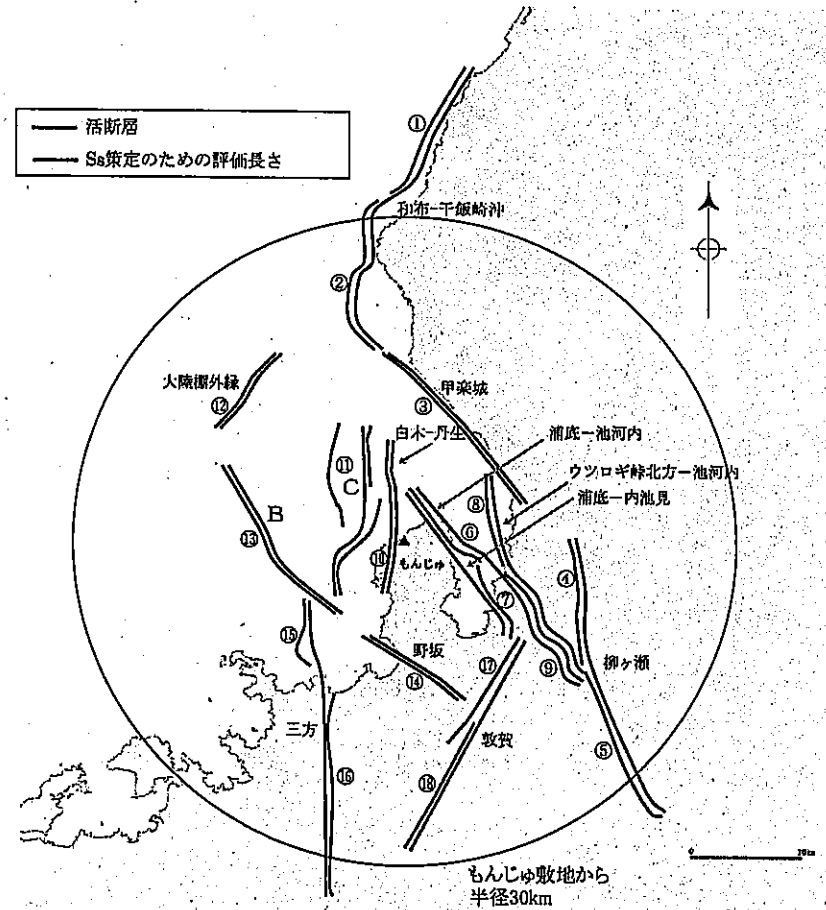


図 4-1 活断層評価

表4-2 Ss策定のための評価長さ

活断層	Ss策定のための評価長さ	長さ	設定根拠
①和布一干飯崎沖断層北部	和布一干飯崎沖	32km	2つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向（東側隆起の逆断層）が類似し、沿岸部の海成段丘面も一連で隆起していることから、一連として評価。
②和布一干飯崎沖断層南部			
③甲楽城断層	甲楽城	19km	—*
④柳ヶ瀬断層北部	柳ヶ瀬	28km	2つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向（左横ずれ断層）が類似していることから、一連として評価（これまでの評価と同様）。
⑤柳ヶ瀬断層南部			
⑥浦底断層		これらの活断層は近接しており、海底地層を台地状に隆起させていることからお互いに関連するものと考え、台地状の高まりに見られる西側の活断層群、東側の活断層群、及び走向・傾斜などが類似する浦底断層とウツロギ峠・池河内断層を、それぞれ一連として評価。	
⑦田結・内池見断層			18km
⑧ウツロギ峠北方断層			25km
⑨ウツロギ峠・池河内断層			23km
⑩白木一丹生断層	白木一丹生	15km	—*
⑪C断層系列	C	18km	3つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向（東側隆起の逆断層）も類似することから、一連として評価。
⑫大陸棚外縁断層	大陸棚外縁	10km	—*
⑬B断層	B	19km	—*
⑭野坂断層	野坂	12km	—*
⑮A断層	三方	27km	2つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向（東側隆起の逆断層）も類似することから、一連として評価。
⑯三方断層			
⑰敦賀断層北部	敦賀	23km	2つの活断層は近接しており、走向・傾斜や断層のずれの方向（右横ずれ断層）も類似することから、一連として評価。
⑱敦賀断層南部			

*：活断層と同じ区間であるもの



<Ss策定のための活断層評価長さの設定の主な考え方>

- 地形の状況（変動地形）：一連の地形を形作ってきたと判断される場合、関連する活断層を一連とした。
- 3次元的に見た断層の地下でのつながり（地下構造）：活断層が地下で不連続ではなく、断層面の走向・傾斜などが類似していると判断される場合、一連とした。
- 断層のずれ量：活断層による地層のずれ量が終息傾向にないと判断される場合、近接する活断層を一連とした。


図4-2 Ss策定のための活断層評価長さ

表 4-3 耐震安全性評価において考慮した主な活断層

今回の評価			これまでの評価	
断層名	断層長さ	マグニチュード ^{※1}	断層長さ ^{※2}	マグニチュード ^{※3}
和布一飯崎沖断層	32km	7.3	**	-
甲斐川断層	19km	6.8	21km	7.0
柳ヶ渚断層	28km	7.0	28km	7.2
ウツロギ峠北方一池河内断層	23km	6.9	16km	6.8
浦底一池河内断層	25km	6.9	**	-
浦底一内池見断層	18km	6.9 ^{※4}	**	-
白木一丹生断層	15km	6.9 ^{※5}	**	-
C断層	18km	6.9	**	-
大陸棚外縁断層	10km	6.8 ^{※6}	**	-
B断層	19km	6.8	**	-
野坂断層	12km	6.8 ^{※6}	**	-
三方断層	27km	7.1	19km	7.0
敦賀断層	23km	6.9	18km	6.9

- ※1：断層面を想定して断層面積からマグニチュードを算出。
- ※2：表中の「**」…断層長さと敷地からの距離を考慮すると敷地へ与える影響は小さいと評価。
- ※3：松田式（断層の長さからマグニチュードを関係づける経験式）によりマグニチュードを算出。
- ※4：浦底一内池見については、断層面積から算出される地震規模はマグニチュード6.8であるが、より安全側の評価となるように、マグニチュード6.9の地震規模を想定。
- ※5：新潟県中越沖地震の知見を踏まえた反映すべき事項の通知において、孤立した短い活断層による地震の想定は少なくともマグニチュード6.8相当の地震規模を想定することが記載されていることを受け反映。白木一丹生については、敷地への影響の観点から長さを20kmとし、より安全側の評価となるように、マグニチュード6.9の地震規模を想定。

：検耐用地震として選定し、地震動評価を実施したもの

：孤立した短い活断層の中で最も敷地への大きいものとして地震動評価を実施したもの

5. 基準地震動 Ss の策定

新耐震指針に基づき、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」の検討を行い、基準地震動 Ss の策定を行いました。

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」については、地質調査・地震調査の結果に基づき、地震の分類を行った上で、敷地への影響が大きい検耐用地震を複数選定し、「応答スペクトルに基づく手法」および「断層モデルを用いた手法」により、不確かさも考慮した評価を行いました。また、「短い活断層」については、地震の規模を安全側に設定して評価を行いました。「震源を特定せず策定する地震動」については、最新の知見に基づき、敷地の地盤物性を加味して検討を行いました。

(1) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

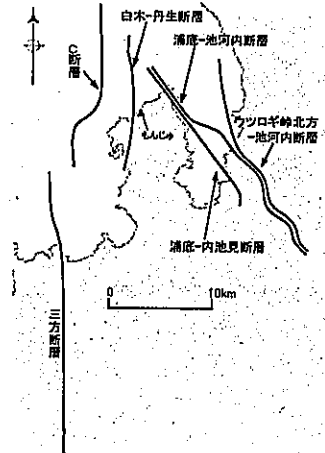
調査結果に基づく条件に加えて、より安全側の評価となる条件も設定して地震動評価（不確かさの考慮^{※1}）を行いました。また、孤立した短い活断層については、地震の規模を、少なくともマグニチュード6.8相当として安全側に評価しました。

- ・応答スペクトルに基づく手法（図5-1参照）
- ・断層モデルを用いた手法（図5-2参照）

※1：例えば、地下の地震発生層の上層を安全側になるように浅くすること、地震の規模が断層の場所を変えて計算すること（断層モデルのみ）など。

活断層	マグニチュード ^{※2}	震源距離 ^{※3}
C	6.9	8.6km
浦底一内池見	6.9	9.5km
浦底一池河内	6.9	10.2km
ウツロギ峠北方一池河内	6.9	12.9km
三方	7.1	16.1km

※2：マグニチュード、断層面を想定して断層面積から算出。
浦底一内池見については、断層面積から算出される地震規模はマグニチュード6.8であるが、より安全側の評価となるように、マグニチュード6.9の地震規模を想定。
※3：Noda et al. (2002) の手法による等価震源距離



活断層	マグニチュード ^{※2}	震源距離 ^{※3}
白木一丹生	6.9 ^{※4}	11.1km

※2：マグニチュード、断層面を想定して断層面積から算出。
白木一丹生については、敷地に最も近い場所が存在することから、長さを20kmとし、より安全側の評価となるように、マグニチュード6.9の地震規模を想定。
※3：Noda et al. (2002) の手法による等価震源距離

(2) 敷地ごとに震源を特定せず策定する地震動評価

震源を特定せず策定する地震動は、地震調査委員会の「震源断層を予め特定しにくい地震」と評価された敷地周辺の過去の地震の分析も行った結果、加藤・他(2004)による応答スペクトルを想定することとしました。

(3) 基準地震動 Ss のまとめ

- ・応答スペクトルに基づく手法による評価結果から、「震源を特定して策定する地震動」として敷地への影響が最大となるのはC断層による地震であり、これと、「震源を特定せず策定する地震動」を上回るものとして、「基準地震動 Ss-DH (600ガル)」を設定しました（従来の Ss の約1.3倍）。
- ・断層モデルを用いた手法により、「基準地震動 Ss-1H (455ガル)」と「基準地震動 Ss-2H (375ガル)」を設定しました（いずれもC断層による地震）。設定した Ss の応答スペクトルを図5-3に、加速度波形を図5-4に示します。

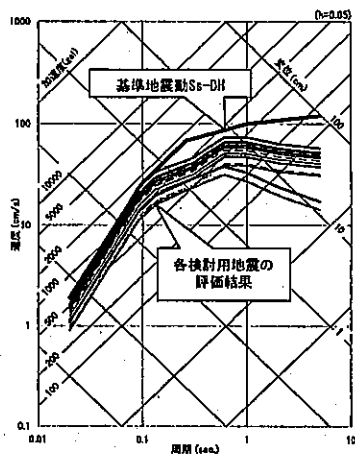


図5-1 応答スペクトルに基づく地震動評価

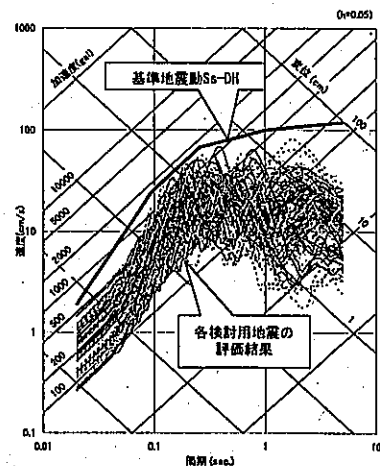
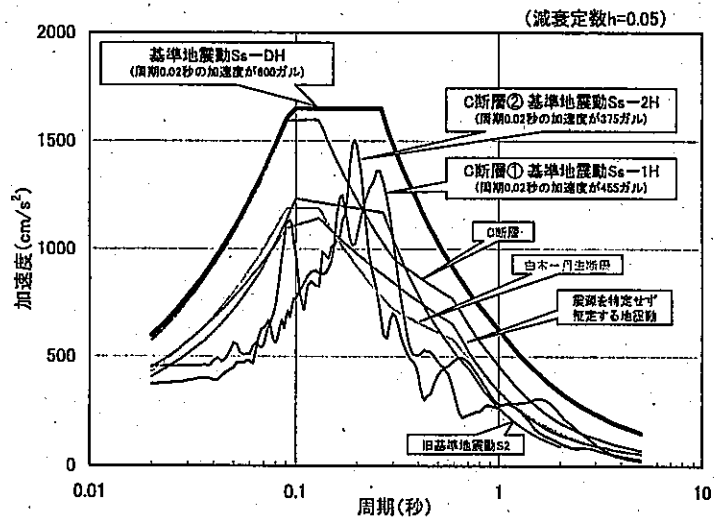


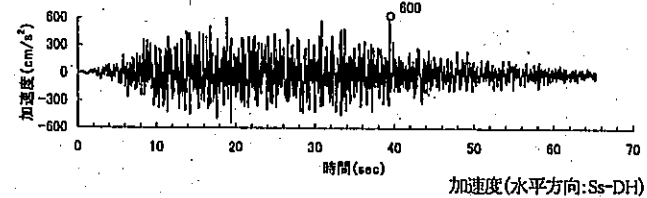
図5-2 断層モデルに基づく地震動評価



※ C断層①、C断層②については、これに対応する鉛直方向での断層モデルを用いた手法による基準地震動が、応答スペクトルに基づく手法によるSs-DV(Ss-DH)の2/3倍を超えることから、基準地震動Ssとした。

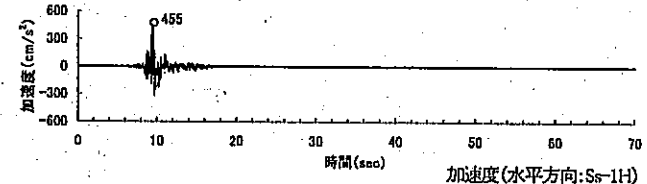
図5-3 策定した3種類の基準地震動Ssの応答スペクトル(水平動)

基準地震動 Ss
応答スペクトル
に基づく評価



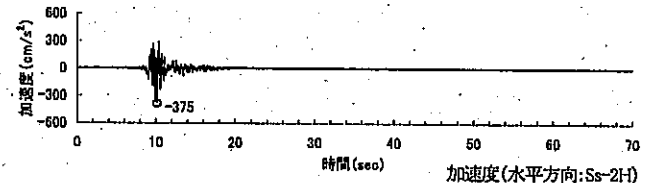
加速度(水平方向:Ss-DH)

基準地震動 Ss
断層モデルによる評価
(C断層①)



加速度(水平方向:Ss-1H)

基準地震動 Ss
断層モデルによる評価
(C断層②)



加速度(水平方向:Ss-2H)

(旧)
基準地震動 S2

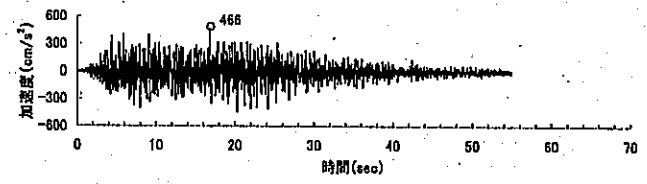


図5-4 基準地震動の加速度波形(水平動)

6. 施設等の耐震安全性評価

新たに策定した基準地震動 S_s (水平方向および鉛直方向) を用い、安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価、機器・配管系の耐震安全性評価、原子炉建物基礎地盤の安定性評価、周辺斜面の安定性評価、屋外重要土木構造物の耐震安全性評価及び津波に対する安全性評価を実施しました。

その結果、耐震設計上重要な施設について、いずれも基準地震動 S_s に対し安全機能が保持されることを確認しました。

(1) 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価

「もんじゅ」の原子炉建物・原子炉補助建物及びディーゼル建物の評価に当たっては、基準地震動 S_s に対する耐震設計上重要な施設の安全機能を保持する観点から、地震応答解析の結果による耐震壁のせん断ひずみ^{*}を評価しました。

評価の結果、原子炉建物・原子炉補助建物及びディーゼル建物の耐震壁における最大せん断ひずみは表 6-1 のとおり、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

図 6-1、図 6-2 に原子炉建物・原子炉補助建物の地震応答解析モデル及びせん断ひずみを示します。

※：せん断ひずみ

変形の程度を示す指標で、上層と下層の間のせん断変形による層間変位を高さを除したものの、

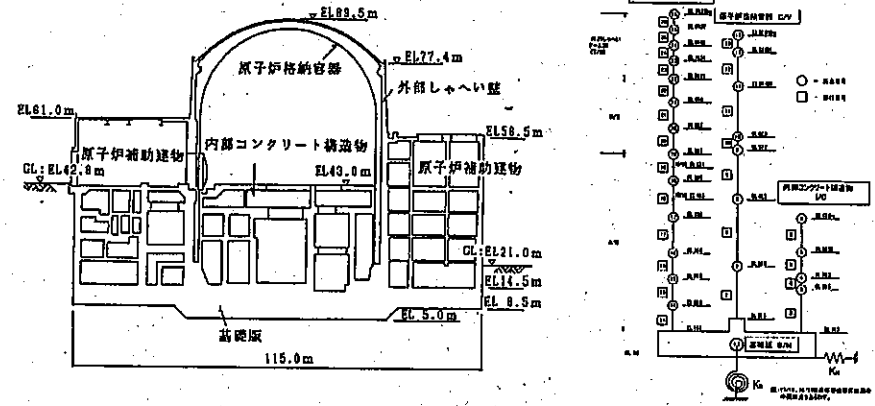


図 6-1 地震応答解析モデル

建物・構築物	評価部位	評価内容	発生値	評価基準値	判定
原子炉建物・ 原子炉補助建物	外部しゃへい壁	せん断ひずみ (-)	0.81×10^{-3}	2.0×10^{-3}	○
ディーゼル建物	耐震壁	せん断ひずみ (-)	0.18×10^{-3}	2.0×10^{-3}	○

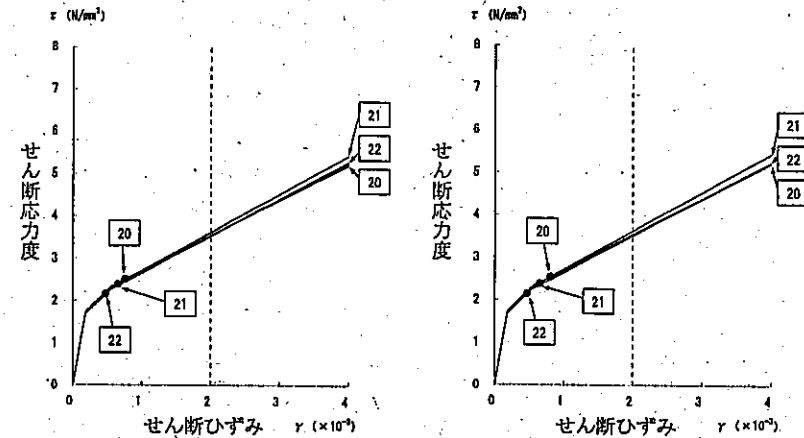


図 6-2 耐震壁のせん断ひずみ (左図：南北方向、右図：東西方向)

(2) 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

耐震安全性評価では、原子炉を「止める」「冷やす」放射性物質を「閉じ込める」といった安全上重要な機能を有する耐震Sクラス及びナトリウムを内包する主要な設備に対して評価を実施しました。

基準地震動 Ss により評価を行い、その結果求められた発生値を評価基準値と比較することにより構造強度評価、動的機能維持評価を行いました。

評価の結果、発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。表6-2に主要設備の耐震安全性評価結果を示します。

表6-2 主要設備の耐震安全性評価結果

主要設備	評価部位	評価内容	発生値	評価基準値 ^{※1}	判定
原子炉格納容器	クレーン荷重発生部	応力(MPa)	205	348	○
	下端部	応力(MPa)	56 ^{※2}	232	○
原子炉容器	上部フランジ	応力(MPa)	105	436	○
	が内構造取付部	応力(MPa)	102	240	○
	下部サポート	応力(MPa)	308	361	○
炉内構造物	支持構造物	応力(MPa)	171	178	○
1次主冷却系主配管	配管	応力(MPa)	107	272	○
	2次出口ノズル	応力(MPa)	104	223	○
1次主冷却系中間熱交換器	伝熱管	応力(MPa)	146	231	○
	基礎ボルト	応力(MPa)	95	361	○
	吸込口	応力(MPa)	119	257	○
1次主冷却系循環ポンプ	オーバーフロー	応力(MPa)	34	257	○
	基礎ボルト	応力(MPa)	32	341	○
	取付ボルト	応力(MPa)	245	275	○
補助冷却設備主配管	配管	応力(MPa)	245	275	○
補助冷却設備空気冷却器	ダクト	モーメント (kN・mm)	4.20×10 ⁶	5.72×10 ⁶	○
制御棒の挿入性 ^{※3}	挿入性	変位(mm)	26 ^{※4}	55 ^{※5}	○
2次主冷却系主配管	配管	応力(MPa)	251	260	○
	吸込口	応力(MPa)	124	231	○
	オーバーフロー	応力(MPa)	43	231	○
2次主冷却系循環ポンプ	取付ボルト	応力(MPa)	11	341	○
	ナトリウム出口ノズル	応力(MPa)	222	258	○
	スカート	応力(MPa)	427	431	○
蒸気発生器(蒸発器)	基礎ボルト	応力(MPa)	316	408	○
	ナトリウム出口ノズル	応力(MPa)	96	336	○
	スカート	応力(MPa)	58	232	○
蒸気発生器(過熱器)	スカート	応力(MPa)	58	232	○
	取付ボルト	応力(MPa)	75	178	○

※1：評価基準値とは、基準地震動 Ss に対する耐震安全性を確認するための許容値で、規格に準拠した値もしくは試験等で妥当性が確認された値です。構造強度の場合は材料毎に定められた許容応力等、動的機能維持評価の場合は試験で予め検証された降伏応力に対する値のことをいいます。
 ※2：市役所前震 (1次冷却材循環停止時) との組み合わせを考慮した値です。
 ※3：挿入性とは、原子炉が緊急停止時に制御棒が規定時間以内に挿入できることをいいます。具体的には、全ストロークの内、85%の範囲が1.2秒以内に挿入できることをいいます。
 ※4：制御棒の発生値は、解析によって得られた、基準地震動 Ss に対する「制御棒挿入内容」と炉心上部機器下部の「制御棒挿入内容」の相対変位の最大値です。
 ※5：制御棒の評価基準値は mm 単位、スクラム試験において、「制御棒挿入内容」と炉心上部機器下部の「制御棒挿入内容」に相対変位が 55 mm 発生していても、制御棒が規定時間以内に挿入できることを検証していることから、評価基準値として記載しています。

(3) 原子炉建物基礎地盤の安定性評価および周辺斜面の安定性評価

原子炉建物基礎地盤および周辺斜面について、表6-3、図6-3のとおり基準地震動 Ss による地震力に対して十分な耐震安全性を有していることを確認しました。

表6-3 原子炉建物基礎地盤および周辺斜面の安定性評価結果

施設	評価内容	評価値	評価基準値	判定
原子炉建物基礎地盤	すべり安全率	9.8	1.5以上	○
周辺斜面 ※1	すべり安全率	2.2	1.2以上	○

※1：地震動に伴う事象として評価

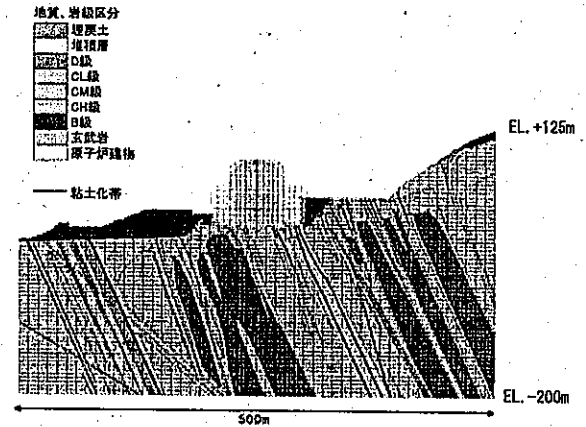


図6-3(1) 原子炉建物基礎地盤の解析モデル図

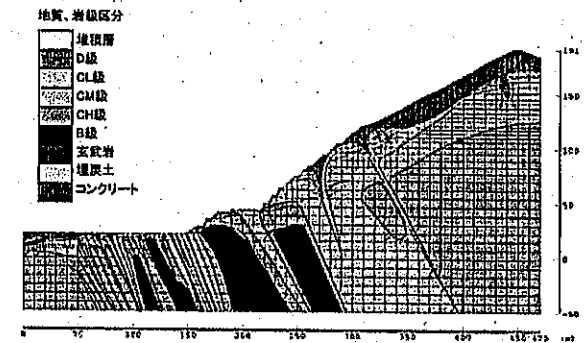


図6-3(2) 周辺斜面の解析モデル図

(4) 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価

耐震設計上重要な機器・配管系を支持する屋外重要土木構造物について、地震時に機器・配管系の安全機能を保持するための耐震安全性を確認しました。基準地震動 Ss により評価を行い、その結果求められた発生値を評価基準値と比較することにより評価を行いました。評価結果を表 6-4 に示します。評価の結果、発生値は評価基準値を満足しており、耐震安全性が確保されていることを確認しました。

表 6-4 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価結果

施設	評価内容	発生値	評価基準値	判定
原子炉補機冷却系海水ポンプ室	せん断力 (kN)	1,265	2,308	○
送水管路カルバート部	せん断力 (kN)	996	1,018	○
送水管路トンネル部	せん断力 (kN)	655	665	○

(5) 地震随伴事象のうち津波に対する安全性評価

既往津波、海域活断層において想定される地震に伴う津波および日本海東縁部において想定される地震に伴う津波について数値シミュレーションを行い最も大きな津波を想定しました。評価結果を表 6-5 に、津波評価の模式断面図を図 6-4 に示します。この想定津波によっても、原子炉施設の安全性に問題のないことを確認しました。

表 6-5 津波に対する安全性評価結果

施設	評価内容	発生値	評価基準値	判定
原子炉補機冷却 海水系取水機能	水位上昇	T.P. 3.5m	T.P. 4.7m	○
	水位低下	T.P. -2.6m	T.P. -2.9m	○

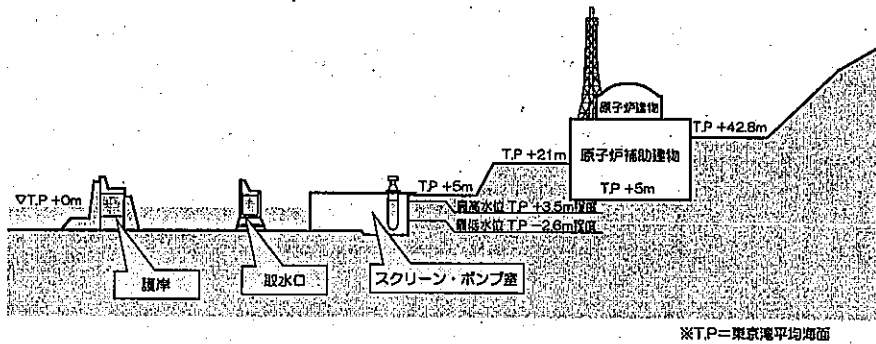
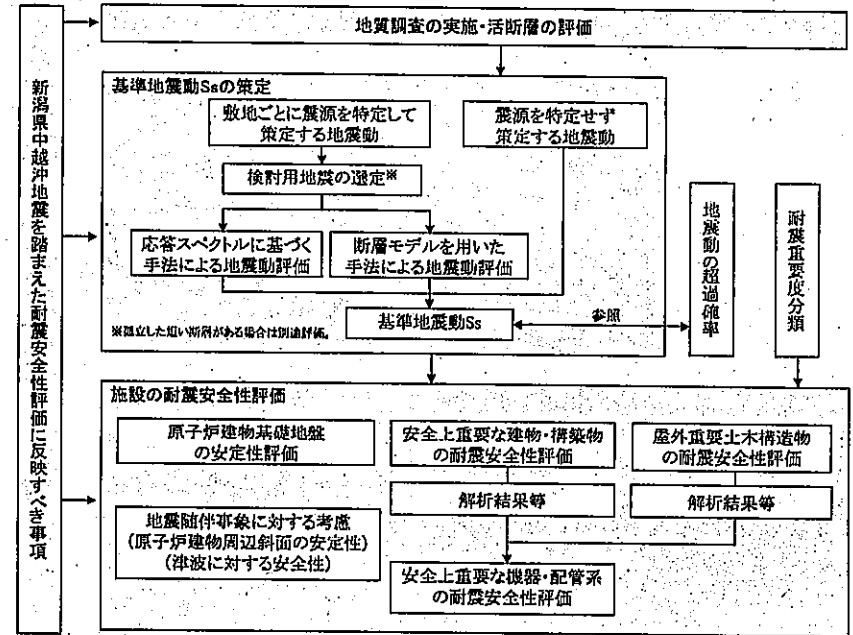


図 6-4 津波評価 模式断面図

耐震安全性評価の手順



今回の調査

(陸域) 約4kmの活断層と評価
 (海域) 北方海域沿岸部、南方海域に新たに断層を認め、活断層と評価
 (海域と陸域の連続性) 断層性状の類似性に基づき、連続する延長約15kmの活断層と評価

調査結果

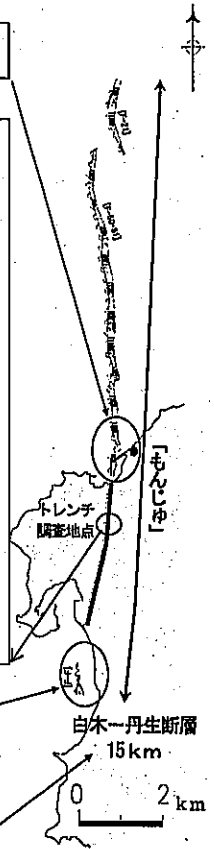
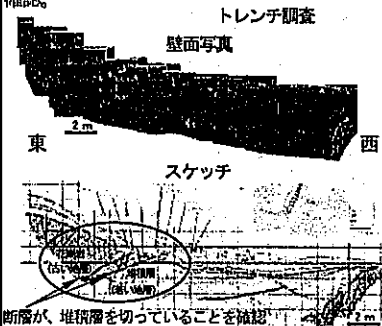
北方延長海域

(最新の高精度の海上音波探査)

最新手法(高分解能)の音波探査で、当時判らなかつた活断層を確認。

白木一丹生断層

(新指針の考え方(特に敷地近傍は高精度の詳細な活断層評価を行う)に基づき調査を実施。過去の判断基準では活断層と評価されなかつた部位についても試料をサンプリングし、最新の手法に基づく顕微鏡による観察を実施。薄い粘土層部に断層の活動痕跡を確認。断層の詳細な活動時期を調査するためにトレンチ調査を実施。後期更新世以降(12~13万年以降)の活動を確認し、最新活動時期が約9,000年前以降であり、考慮すべき活断層であることを新たに確認。



南方延長海域

(最新の高精度の海上音波探査)

最新手法(高分解能)の音波探査で、当時判らなかつた活断層を確認。

陸域断層と海域断層の連続性一総合評価一

新指針の考え方: 地下構造の連続性や性状の類似性に注目し、近接した活断層をひとまとめに評価する

→ 白木一丹生断層を、延長15kmの活断層として評価

白木一丹生断層の地震動評価(敷地に与える影響)

※詳細は「5. 基準地震動Ssの策定」を参照。

孤立した短い断層として扱い、地震動評価上は断層長さを20km、地震の規模をマグニチュード6.9を想定する。この場合でも、北西方にあるC断層(マグニチュード6.9)の応答スペクトルを下回る。

<断層の連動に関する検討>

地質調査結果に基づき基準地震動Ss策定に当たって設定した活断層長さに加えて、更に安全側の評価として、隣接する断層に破壊が乗り移るような現象について想定して、念のために基準地震動Ssと比較検討しました。検討に当たっては、敷地と震源との位置関係から敷地への影響が大きいと考えられるケースである浦底断層+ウツロギ峠・池河内断層+柳ヶ瀬断層南部の連動を対象に、断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施しました。

その結果、基準地震動Ssに包絡されていることを確認しました。

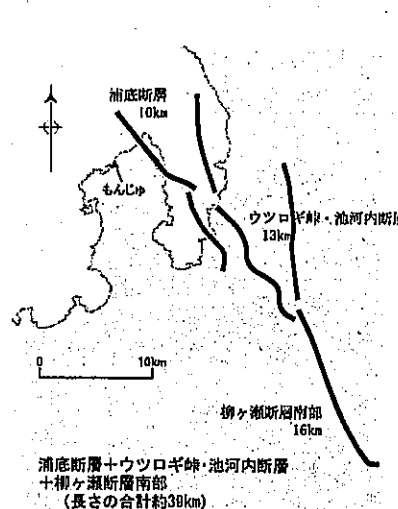


図 想定した連動ケース

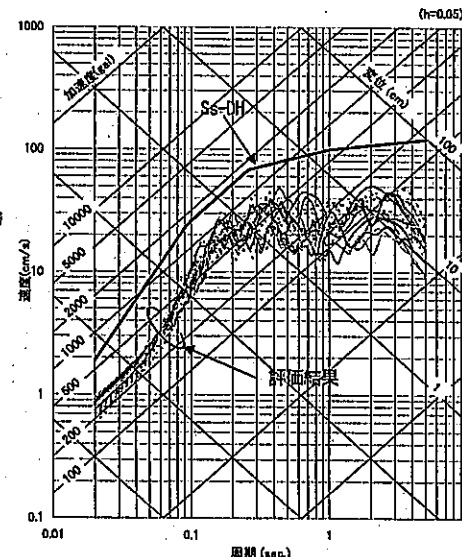


図 連動ケースの評価結果

【参考付録】

<地震調査委員会の知見に係る試算>

地震調査研究推進本部地震調査委員会は、「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の長期評価」(平成16年1月)において、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部の全体が活動する場合には、マグニチュード8.2程度の地震が発生する可能性があります。この地震を仮定して、高速増殖原型炉もんじゅの敷地における地震動を断層モデルを用いた手法にて試算しました。

その結果について、新耐震指針に基づき策定した基準地震動 S_s-DH と比較して下図に示します。この図から、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部による地震動は、基準地震動 S_s-DH を下回っていることが確認されます。

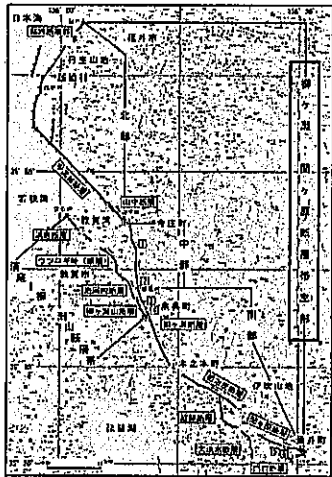


図 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部の位置図
 「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の長期評価について」
 (地震調査委員会, 2005) に加筆

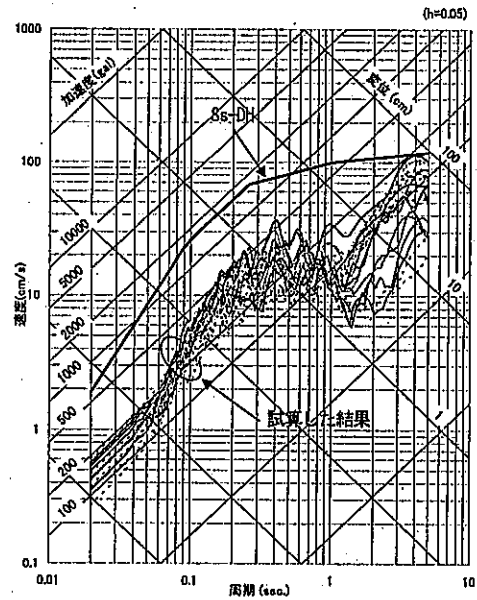


図 地震調査委員会のケースの地震動試算結果